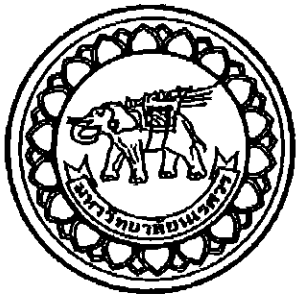


การยืนตัวตนทางไกลโดยใช้การรู้จำใบหน้า

REMOTE AUTHENTICATION BY USING FACE RECOGNITION

นายศราวุธ จะประสงค์ รหัส 49361997

นายศรายุทธ อนุกูล รหัส 49364561

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 19 มี.ค. 2555
เลขทะเบียน 1574316X
เลขเรียกหนังสือ ปร
มหาวิทยาลัยนเรศวร ศ 1691
2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน การยืนตัวตนทางไกลโดยใช้การรู้จำใบหน้า

ผู้ดำเนินโครงงาน นายศราวุธ จะประสงค์ รหัส 49361997

นายศรายุทธ อนุกูล รหัส 49364561

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ภาณุพงศ์ สอนคม

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2552

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ภาณุพงศ์ สอนคม)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิต มาลากร)

.....กรรมการ

(อาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช)

หัวข้อโครงงาน	การยืนตัวตนทางไกลโดยใช้การรู้จำใบหน้า		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายศราวุธ	จะประสงค์	รหัส 49361997
	นายศรายุทธ	อนุกูล	รหัส 49364561
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ภาณุพงศ์ สอนคม		
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2552		

.....

บทคัดย่อ

โครงงานการยืนตัวตนทางไกลโดยใช้การรู้จำใบหน้าออกแบบขึ้นเพื่อใช้ในการระบุตัวบุคคลโดยวิธีตรวจจับใบหน้า จากแนวคิดที่ว่าใบหน้าของแต่ละบุคคลเป็นเอกลักษณ์ที่สามารถบ่งบอกความเป็นตัวตนได้ ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้นถูกพัฒนาด้วยภาษา C++ โดยได้นำ library ของ OpenCV และ MFC เข้ามาประยุกต์ใช้ร่วมด้วย โดยขั้นตอนการเปรียบเทียบเริ่มจากการตรวจจับหาตำแหน่งของใบหน้าที่ต้องการระบุตัวตน และนำใบหน้าที่ได้มาตรวจสอบกับข้อมูลที่มีอยู่ แต่ใบหน้าเพียงอย่างเดียวอาจมีความปลอดภัยน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากอาจมีหลายปัจจัยที่ทำให้การใช้ภาพถ่ายของใบหน้ายังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้นจึงนำรหัสผ่านมาใช้ร่วมกับการใช้ภาพถ่าย เพื่อให้เกิดความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น ผลที่ได้จากโครงงานนี้ คือ โปรแกรมซึ่งสามารถระบุตัวบุคคลโดยใช้ภาพถ่ายของใบหน้าร่วมกับรหัสผ่าน

Project Title	Remote authentication by using face recognition		
Name	Mr. Sarawut	Japrasong	ID 49361997
	Mr. Sarayut	Anukool	ID 49364561
Project Advisor	Mr. Panupong	Sornkhom	
Major	Computer Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic Year	2009		

.....

ABSTRACT

This project aims to develop the software that performs by using face recognition. The key idea is based on the assumption that each face has a unique characteristic. Therefore, we can use a face for authenticate a person.

This program has developed by C++ language combine OpenCV library and MFC library.

To authenticate, we capture the face and compare to each face in the database. However, the accuracy of face recognition may not adequate due to several factors. Thus, we propose an idea to use a password combine together with the recognition process to improve system security.

The result of this project is shown that our software can authenticate a person by using face recognition and password.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีก็เนื่องจาก อาจารย์ภาณุพงศ์ สอนคม ได้เสียสละเวลาคอยให้คำแนะนำและคำปรึกษา รวมทั้งคอยแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาตลอดเวลา ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิต มาลากรและอาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช ที่ให้ความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษา ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์

สุดท้ายขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ คำแนะนำและคำปรึกษาจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก

ABSTRACT ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูปภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน 2

1.5 แผนการดำเนินงาน 4

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.7 งบประมาณของโครงงาน 5

บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร

2.1 การยืนยันตัวตน 6

2.2 ระบบจดจำใบหน้า (Face Recognition) 7

2.2.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ 7

2.2.2 Algorithm ที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างแม่แบบและขั้นตอนการเปรียบเทียบ 7

2.3 OpenCV (Open Source Computer Vision Library) 8

2.3.1 Library ของ OpenCV 9

2.4 การเข้ารหัส 9

2.4.1 การเข้ารหัสแบบสมมาตร 9

2.4.2 การเข้ารหัสแบบอสมมาตร 10

2.5 Machine learning 10

2.6 การจดจำใบหน้าด้วยวิธี EigenFace 10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.7 เครือข่ายคอมพิวเตอร์ 11
2.8 การรับส่งข้อมูล 12

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน
3.1 สร้างโปรแกรมยืนยันตัวตนโดยวิธีเปรียบเทียบใบหน้า 13
3.1.1 การวิเคราะห์การทำงานของโปรแกรม 13
3.1.2 ออกแบบโปรแกรม 14
3.1.3 การสร้างโปรแกรม 16
3.2 ทดสอบการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่อง 17
3.3 การเข้ารหัสและการถอดรหัส 17
3.4 ทดสอบการเปรียบเทียบใบหน้าผ่านระบบเครือข่าย 18
3.5 ขั้นตอนการรับส่งข้อมูล 18

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง
4.1 ผลการทดสอบการติดต่อกับกล้อง 20
4.2 ผลการจับภาพและการประมวลผลภาพ 20
4.3 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่อง 22
4.4 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบใบหน้าผ่านเครือข่าย 26
4.5 ผลการทดสอบแสง 27
4.6 เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน 31

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการทดลอง 32
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 32
5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต 32

ภาคผนวก ก การใช้งาน OpenCV 33
ก.1 การใช้งาน OpenCV Library เบื้องต้นเพื่อการประมวลผลภาพจากกล้อง 33

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข ตารางผลการทดลอง 41
เอกสารอ้างอิง 67
ประวัติผู้เขียนโครงงาน 69

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินโครงงาน....4

4.1 ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่อง....24

4.2 ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยใช้ทั้งรหัสผ่านและภาพถ่าย....25

4.3 ผลการทดสอบการเข้าระบบผ่านระบบเครือข่ายแลน....26

4.4 ผลการทดสอบการเข้าระบบจากสถานที่ต่างๆ กัน ของบุคคลที่ 1....29

4.5 ผลการทดสอบการเข้าระบบจากสถานที่ต่างๆ กัน ของบุคคลที่ 2....29

4.6 ผลการทดสอบการเข้าระบบจากสถานที่ต่างๆ กัน ของบุคคลที่ 3....30

4.7 ผลการทดสอบการเข้าระบบจากสถานที่ต่างๆ กัน ของบุคคลที่ 4....30

4.8 สรุปผลการเข้าระบบแต่ละฐานข้อมูล....31

4.9 แสดงเวลาใช้งานขั้นตอนต่างๆ....31

ข.1 ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยการเข้าระบบด้วยชื่อและใบหน้า....41

ข.2 แสดงภาพระหว่างภาพต้นแบบและภาพที่ผิดพลาด....45

ข.3 ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยการเข้าระบบด้วยชื่อ รหัสผ่านและใบหน้า....47

ข.4 ผลการทดสอบการเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย จากฐานข้อมูลแสงไฟปกติ....51

ข.5 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมาก จากฐานข้อมูลแสงไฟปกติ....52

ข.6 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติ จากฐานข้อมูลแสงไฟปกติ....53

ข.7 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติ จากฐานข้อมูลแสงไฟปกติ....54

ข.8 ผลการทดสอบการเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย จากฐานข้อมูลแสงธรรมชาติตอนบ่าย....55

ข.9 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมาก จากฐานข้อมูลแสงธรรมชาติตอนบ่าย....56

ข.10 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติ จากฐานข้อมูลแสงธรรมชาติตอนบ่าย....57

ข.11 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติ จากฐานข้อมูลแสงธรรมชาติตอนบ่าย....58

ข.12 ผลการทดสอบการเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย จากฐานข้อมูลแสงสว่างมาก....59

ข.13 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมาก จากฐานข้อมูลแสงสว่างมาก....60

ข.14 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติ จากฐานข้อมูลแสงสว่างมาก....61

ข.15 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติ จากฐานข้อมูลแสงสว่างมาก....62

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข.16 ผลการทดสอบการเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย จากฐานข้อมูลแสงปกติ.....63
ข.17 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมาก จากฐานข้อมูลแสงปกติ.....64
ข.18 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติ จากฐานข้อมูลแสงปกติ.....65
ข.19 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติ จากฐานข้อมูลแสงปกติ.....66

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม....13

3.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมซึ่งทำงานบนเครื่องลูกข่าย....14

3.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมซึ่งทำงานบนเครื่องแม่ข่าย....15

3.4 แสดงขั้นตอนการสร้างโปรแกรม....16

3.5 แสดงขั้นตอนการรับ – ส่งข้อมูล....19

4.1 แสดงผลการติดต่อกับกล้อง....20

4.2 แสดงการหาตำแหน่งของใบหน้า....20

4.3 แสดงภาพที่ตัดเฉพาะส่วนใบหน้าโดยใช้คำสั่ง cvSetImageROI....21

4.4 แสดงภาพที่แปลงเป็น gray scale....21

4.5 แสดงหน้าต่างโปรแกรมที่สร้าง....22

4.6 แสดงหน้าต่างเพื่อให้ admin เข้าระบบ เพื่อลงทะเบียน....22

4.7 แสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ทดสอบกรอกข้อมูลเพื่อลงทะเบียน....22

4.8 แสดงหน้าต่างโปรแกรมสำหรับลงทะเบียน....23

4.9 แสดงชุดของภาพที่จะนำไปเก็บในฐานข้อมูล....23

4.10 แสดงโหมดต่างๆ ของการเข้าระบบ....24

4.11 แสดงภาพที่ถ่ายในที่มีแสงไฟมาก....27

4.12 แสดงภาพที่ถ่ายในที่มีแสงไฟปกติ....28

4.13 แสดงภาพที่ถ่ายกลางแสงช่วงเวลาบ่าย....28

4.14 แสดงภาพที่ถ่ายในห้องที่ปิดไฟช่วงบ่าย....28

ก.1 แสดง version ต่างๆ ของ OpenCV....33

ก.2 แสดง การเข้าใช้งาน OpenCV....34

ก.3 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม....34

ก.4 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม....35

ก.5 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม....35

ก.6 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม....36

ก.7 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม....36

ก.8 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม....37

ก.9 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม....37

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก.10 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม 38

ก.11 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม 38

ก.12 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม 39

ก.13 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม 40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การปกป้องความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูลถือเป็นเรื่องสำคัญในปัจจุบัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้ไม่ประสงค์ดีหรือจากโปรแกรมบางประเภทได้เพิ่มมากขึ้นและอาจนำมาซึ่งความเสียหายอย่างมากต่อองค์กร ดังนั้นถ้าระบบมีการควบคุมความปลอดภัยที่ดีจะช่วยลดโอกาสเสี่ยงต่อการถูกคุกคามได้

การพิสูจน์ตัวตนเป็นขั้นตอนพื้นฐานที่สำคัญเป็นอย่างมากของการควบคุมความปลอดภัยเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าบุคคลนั้นเป็นใครและได้รับอนุญาตให้สามารถเข้ามาภายในระบบได้หรือไม่ การพิสูจน์ตัวตนมีหลายประเภทที่ใช้อยู่ในปัจจุบันโดยแต่ละชนิดจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความจำเป็นในการใช้งาน

โดยปกติข้อมูลทางชีวภาพของแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกัน จึงมีแนวคิดของการนำข้อมูลทางชีวภาพมาสร้างรหัสผ่านสำหรับใช้ในการยืนยันตัวตนและมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในเวลาต่อมา เนื่องจากมีการน่าเชื่อถือและปลอมแปลงได้ยากโดยมีการนำข้อมูลทางชีวภาพมาจากหลายๆส่วนของร่างกาย เช่น การสแกนลายนิ้วมือ การสแกนรูม่านตา การยืนยันด้วยรหัสพันธุกรรม รวมถึงการรู้จำใบหน้า แต่การยืนยันด้วยวิธีดังกล่าวยังคงถูกจำกัดเพียงในส่วนของตัวบุคคลกับเครื่องคอมพิวเตอร์เท่านั้น การศึกษาในส่วนของการนำข้อมูลดังกล่าวส่งผ่านระบบเครือข่ายยังมีน้อย

การยืนยันตัวตนด้วยข้อมูลทางชีวภาพผ่านระบบเครือข่ายจึงมีความน่าสนใจ และมีประโยชน์อย่างมาย เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ในอนาคตและการเข้าใช้งานระบบทางไกลต่างๆ ที่พัฒนาเพื่อ ความรู้ ความบันเทิง การสื่อสารย่อมมีมากขึ้นทำให้มีความต้องการความปลอดภัยที่เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้นำหลักการของการยืนยันตัวตนด้วยข้อมูลทางชีวภาพมาประยุกต์ใช้กับการเข้ารหัสและการถอดรหัสเพื่อให้เกิดความปลอดภัยเพิ่มขึ้นโดยจะได้ประโยชน์คือ รหัสที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลมีความปลอดภัยในการใช้มากขึ้นเนื่องจากรหัสที่ใช้คือสิ่งที่อยู่ในตัวบุคคลเองและการรับส่งข้อมูลก็มีความปลอดภัยมากขึ้นเนื่องจากมีการเข้ารหัสและมีการถอดรหัสจากข้อมูลที่ส่งไปด้วย อีกทั้งการใช้งานจะขยายวงกว้างเนื่องจากมีการทำงานบนระบบเครือข่าย จึงทำให้การใช้งานง่ายและสะดวกขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

- เพื่อพัฒนาระบบยืนยันตัวตนให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น
- เพื่อให้เกิดความง่ายและสะดวกในการใช้งานสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป
- เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในระบบที่ต้องการความปลอดภัยในการใช้งาน
- เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจนำไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
- เพื่อนำวิชาการและเทคโนโลยีต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงาน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

- ศึกษาการทำงานของโปรแกรมที่รับข้อมูลภาพของผู้ที่ต้องการใช้งาน ที่มีความชัดเจนของใบหน้าในลักษณะตรง เป็นภาพที่มีแสงอย่างพอเพียงและการรับภาพจะรับจากกล้อง webcam เท่านั้น
- โปรแกรมที่สร้างขึ้นเป็นโปรแกรมที่ใช้ทดสอบบนระบบปฏิบัติการของวินโดว์เท่านั้น
- การลงทะเบียน admin จะเป็นผู้ลงทะเบียนให้เท่านั้น
- พัฒนาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2005 ด้วยภาษา C++
- โปรแกรมไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าภาพที่รับเข้าไปนั้นเป็นภาพที่ถ่ายจากบุคคล หรือถ่ายจากภาพที่มีอยู่
- ระยะห่างระหว่างกล้องกับผู้ถ่ายต้องอยู่ระหว่าง 50 – 70 เซนติเมตร
- ศึกษาผ่านระบบเครือข่ายแลน (LAN)

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานสามารถบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. การศึกษาการยืนยันตัวตนด้วยข้อมูลทางชีวภาพแบบต่างๆ
   - ศึกษาวิธีการสแกนลายนิ้วมือ
   - สแกนรูม่านตา
   - ศึกษาวิธีการรู้จำใบหน้า
2. ศึกษาขั้นตอนการรู้จำใบหน้า

3. ศึกษา algorithms
   - Principal Component Analysis (PCA)
   - Linear Discriminate Analysis (LDA)
   - Trace Transform
   - 3-D Face Recognition
4. ทดสอบระบบการรู้จำใบหน้า
   - ทดสอบระบบการจับภาพ
   - สร้างฐานข้อมูล
   - ทดสอบการดึงข้อมูลออกมาจากฐานข้อมูล
5. การเข้ารหัส
   - ศึกษาวิธีการเข้ารหัสและถอดรหัส
   - สร้างเงื่อนไขการสร้างรหัส
   - ทดสอบระบบการสร้างรหัส
   - ทดสอบระบบการเข้ารหัสกับรหัสผ่าน
   - ทดสอบระบบการถอดรหัสกับรหัสผ่าน
6. ทดสอบขั้นตอนการทำงานต่างๆ
7. ทดสอบขั้นตอนการทำงานต่างๆ ผ่านเครือข่ายจำลอง

1.5 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงานของโครงงานนั้นได้วางรูปแบบการดำเนินงานออกไว้เป็นหัวข้อต่างๆ โดยในแต่ละหัวข้อนั้นได้วางแผนเวลาในการศึกษาและการลงมือปฏิบัติตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาในการดำเนินงาน								
	มิ.ย. 52	ก.ค. 52	ส.ค. 52	ก.ย. 52	ต.ค. 52	พ.ย. 52	ธ.ค. 52	ม.ค. 53	ก.พ. 53
1.5.1 ศึกษาการยืนยันตัวตน	← →								
1.5.2 ศึกษา algorithm		← →							
1.5.3 ศึกษาขั้นตอนการรู้จำใบหน้า			← →						
1.5.4 ทดสอบระบบการรู้จำใบหน้า				← →					
1.5.5 การเข้ารหัส					← →				
1.5.6 ทดสอบขั้นตอนการทำงาน						← →			
1.5.7 ทดสอบขั้นตอนการทำงานต่างๆ ผ่านเครือข่ายจำลอง								← →	

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำภาพถ่ายใบหน้ามาสร้างเป็นรหัสผ่านได้
2. การส่งรหัสผ่านจะมีความปลอดภัยมากขึ้น
3. สามารถนำโปรแกรมที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับระบบต่างๆ เพื่อเป็นการเพิ่มความปลอดภัยของระบบได้
4. ผู้ใช้งานมีความสะดวกในการเข้าใช้ระบบมากขึ้น เนื่องจากไม่ต้องทำการจำรหัสในการเข้าใช้งานข้อมูลตลอดเวลา
5. สามารถนำไปพัฒนาต่อในเชิงพาณิชย์ได้

1.7 งบประมาณของโครงงาน

กล้อง webcam	1000	บาท	
เอกสาร	1000	บาท	
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	2,000	บาท	(สองพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

2.1 การยืนยันตัวตน

ปัจจุบันการเข้าถึงข้อมูลมีความปลอดภัยค่อนข้างน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่ทำให้การดักจับข้อมูลทำได้ง่ายขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ผู้อื่นสามารถเข้าถึงข้อมูลของเราได้ง่ายขึ้น

เมื่อมีบุคคลอื่นเข้าถึงข้อมูลของเราอาจทำให้ข้อมูลเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นจึงมีการนำหลักการของการพิสูจน์ตัวตนว่าผู้ที่ใช้งานอยู่เป็นผู้ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลตัวจริงหรือไม่ เพื่อป้องกันผู้ที่จะเข้ามาก่อให้เกิดความเสียหายต่อข้อมูล

โดยสิ่งที่สามารถยืนยันได้มีดังนี้คือ

- สิ่งที่คุณมี (Possession factor) [1] ซึ่งหมายถึงสิ่งที่บุคคลหนึ่งๆ มีอยู่และสามารถยืนยันและพิสูจน์ได้ว่าเป็นตัวตนของบุคคลนั้น เช่น เครดิต-การ์ด บัตร หรือ กุญแจ เป็นต้น
- สิ่งที่คุณรู้ (Knowledge factor) [1] ซึ่งหมายถึงสิ่งที่บุคคลหนึ่งๆ สามารถรู้และนำมาเป็นสิ่งยืนยันและพิสูจน์ได้ว่าเป็นตัวตนของบุคคลนั้น เช่น รหัสผ่าน เป็นต้น
- สิ่งที่คุณเป็น (Biometric factor) [1] ซึ่งหมายถึงลักษณะเฉพาะของข้อมูลทางชีวภาพของบุคคลซึ่งสามารถนำมาเพื่อยืนยันว่าเป็นตัวตนของบุคคลนั้น เช่น ลายนิ้วมือ ใบหน้า ลักษณะของเส้นเลือดดำ เป็นต้น

2.2 ระบบจดจำใบหน้า (Face Recognition)

ระบบจดจำใบหน้าเป็นระบบที่นำคุณลักษณะเฉพาะของใบหน้าของแต่ละบุคคลเพื่อเป็นสิ่งที่ยืนยันว่าบุคคลนั้นเป็นผู้ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลตัวจริงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของความปลอดภัยในการเข้าถึงข้อมูล

2.2.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบจดจำใบหน้าจะมี 3 ขั้นตอนดังนี้

1. เก็บภาพ(Sample Picture) [2] เป็นขั้นตอนแรกของการรู้จำใบหน้า การทำงานของขั้นตอนนี้คือ การรับภาพจากผู้ใช้งานเพื่อนำภาพไปสร้างแม่แบบ (template) [2]
2. สร้างแม่แบบภาพ เป็นการนำภาพจากขั้นตอนข้างต้นมาทำการประมวลผล โดยการประมวลผลนั้นจะแตกต่างกันออกไปตาม algorithm ที่ใช้ในการสร้างแม่แบบเพื่อนำไปเก็บในฐานข้อมูล และเพื่อนำไปเปรียบเทียบซึ่งจะเป็นขั้นตอนถัดไป
3. เปรียบเทียบ(Matching) [2] เป็นการภาพใบหน้าของบุคคลที่เราสนใจที่ถูกแปลงเป็นแม่แบบในขั้นตอนที่สองแล้วมาเปรียบเทียบกับภาพแม่แบบที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยวิธีการเปรียบเทียบจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ algorithm ที่ใช้ว่าจะเปรียบเทียบด้วยแม่แบบแบบไหน แต่ทุกๆ algorithm จะทำการหาแม่แบบที่อยู่ในฐานข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกับแม่แบบของใบหน้าบุคคลที่เรานำมาเปรียบเทียบมากที่สุด

2.2.2 Algorithm ที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างแม่แบบและขั้นตอนการเปรียบเทียบ

1. PCA (Principal Component Analysis) [2] ถือเป็น algorithm ที่ถูกคิดขึ้นในช่วงแรกๆ ของการพัฒนาระบบจดจำใบหน้าซึ่งอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ในเรื่องของเวกเตอร์มาใช้ในการทำงานเป็นหลัก หลักการคือจะนำภาพถ่ายใบหน้าบุคคลจากสองมิติไปแปลงเป็นเวกเตอร์หนึ่งมิติ และเก็บไว้ในฐานข้อมูล และเมื่อต้องการนำรูปภาพใบหน้าบุคคลที่สนใจมาเปรียบเทียบก็จะทำการแปลงภาพใบหน้านั้นเป็นเวกเตอร์หนึ่งมิติด้วย หลังจากนั้นนำเวกเตอร์ไปเปรียบเทียบกับภาพในฐานข้อมูลเพื่อหาผลลัพธ์ ซึ่งต่อมาพบว่ามีปัญหาค่อนข้างมากในเรื่องของมิติของเวกเตอร์ ดังนั้น PCA จึงถูกพัฒนาต่อไปเป็น 2D-PCA (Two-Dimensional Principle Component Analysis) เพื่อแก้ปัญหาเรื่องมิติของเวกเตอร์โดยไม่ทำการแปลงภาพถ่ายใบหน้าบุคคลสองมิติไปเป็นเวกเตอร์หนึ่งมิติ แต่จะทำการแปลงภาพถ่ายใบหน้าบุคคลสองมิติไปเป็นเวกเตอร์สองมิติแทน

2. LDA (Linear Discriminate Analysis) [2] เป็นalgorithmที่ถูกพัฒนามาพร้อมๆ กับ PCA จึงทำให้มีหลักการทำงานค่อนข้างที่จะคล้ายกัน และต่อมาก็ประสบปัญหาในเรื่องเกี่ยวกับมิติของเวกเตอร์เหมือนกัน จึงมีการพัฒนาไปเป็นแบบ 2D-LDA (Two-Dimensional Linear Discriminate Analysis) แต่การพัฒนาของ 2D-LDA นั้น ไม่ได้ถูกพัฒนามาจาก LDA แต่เป็นการพัฒนาตามอย่างแบบ 2D-PCA เพื่อพยายามจะแก้ไขปัญหาในเรื่องเดียวกัน ทำให้ algorithm สองแบบนี้มีการทำงานค่อนข้างที่จะคล้ายๆกัน
3. Trace Transform เป็น algorithm ที่ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยทำให้ระบบจดจำใบหน้าทำงานได้ถูกต้องแม้ใบหน้าของบุคคลที่เราสนใจที่จะนำมาเปรียบเทียบจะมีการเปลี่ยนแปลงของมุมภาพ ขนาดภาพที่ไม่เท่ากับภาพในฐานข้อมูล โดย Trace Transform คือการทำภาพใบหน้าให้เหลือเป็นรูปร่างแบบ 2D Gray โดยการแปลงด้วยฟังก์ชั่น Trace แล้วทำการวาดเป็นรูปร่างที่ได้จากค่าที่ผ่านการคำนวณด้วยสมการโดยภาพที่ผ่านสมการที่ไม่เหมือนกันก็จะมีความแตกต่างกันด้วย จึงทำให้มีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น
4. 3-D Face Recognition เป็น algorithm ซึ่งเกิดจากแนวคิดที่ว่าใบหน้าของคนเรานั้นเป็นรูปร่างสามมิติแต่ระบบจดจำใบหน้ากลับทำงานโดยการเปรียบเทียบจากรูปภาพสองมิติมาเป็นเวลานานซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพการทำงานไม่เต็มที่ จึงเกิดการคิดที่จะพัฒนาให้ระบบจดจำใบหน้าทำงานโดยการเปรียบเทียบใบหน้าแบบสามมิติขึ้น

2.3 OpenCV (Open Source Computer Vision Library)

OpenCV เป็น library สำหรับใช้งานเรื่องการประมวลผลภาพ (Image Processing) นอกจากนี้ OpenCV ยังสามารถจัดการกับข้อมูลในรูปแบบที่เป็นวิดีโอได้อีกด้วย เนื่องจาก OpenCV เป็น ชุดคำสั่งที่ไม่ได้เป็นตัวโปรแกรม เมื่อต้องการเรียกใช้งานจึงต้องเขียนโปรแกรมเพื่อเรียกชุดคำสั่ง เหล่านั้น ซึ่งภาษาที่นิยมเขียนคือภาษา C, C++ และภาษา Phyton ซึ่ง OpenCV จะประกอบด้วยสอง ส่วน คือ data structure ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ อาทิ เช่น รูปภาพ เมตริกซ์ และพิกัด สำหรับอีก ส่วนคือ algorithm ซึ่งจะใช้ในการประมวลผลต่าง ๆ โดยเฉพาะการประมวลทางรูปภาพ

2.3.1 Library ของ OpenCV

จะประกอบด้วยอยู่ 4 ส่วน ได้แก่

1. CXCORE เป็นฟังก์ชันเบื้องต้นที่ใช้จัดการเกี่ยวกับจุด ขนาด อาเรย์(Array) หน่วยความจำ คำสั่งในการวาดภาพ การประกาศตัวแปรภาพ เป็นต้น [3] ตัวอย่างคำสั่งในการประกาศรูปภาพ คือ IplImage, CvMat, CvMatND
2. CV ใช้ในการประมวลผลและการวิเคราะห์รูปภาพ ฟังก์ชันส่วนใหญ่จะทำงานกับพิกเซลที่เป็นอาเรย์ 2 มิติ หรือที่เราเรียกว่าภาพนั่นเอง เช่นการหาขอบหรือมุม การทำฮิสโตแกรม (Histogram) และการทำออพติคอลโฟลว์ (Optical Flow) เป็นต้น
3. Machine Learning เป็นlibraryที่รวมคลาสและฟังก์ชันทางสถิติ การแยกคลาส และการแบ่งกลุ่มข้อมูล algorithm ที่ใช้จะเขียนด้วยภาษา C++ โดยแต่ละ algorithm จะมีคุณลักษณะเด่นแตกต่างกันไป แต่ทั้งหมดจะใช้คลาส CvStatModel ร่วมกัน
4. HighGUI เป็น library ที่ใช้ในการ โหลด (Load) และบันทึกภาพ ติดต่อกับกล้องวีดีโอ (VDO) การสร้าง หน้าต่างเพื่อแสดงภาพและทำลายภาพ การเปลี่ยนขนาดและเคลื่อนย้ายหน้าต่าง รวมไปถึงการตรวจสอบเมาส์ (Mouse) และแป้นพิมพ์

2.4 การเข้ารหัส

การเข้ารหัส (encryption) คือ การเปลี่ยนข้อความที่สามารถอ่านได้ (plain text) ไปเป็นข้อความที่ไม่สามารถอ่านได้ (cipher text) เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัย ปัจจุบันการเข้ารหัสมี 2 รูปแบบคือ

2.4.1 การเข้ารหัสแบบสมมาตร

การเข้ารหัสแบบสมมาตร [4] จะมีหลักการทำงานคือ เข้าด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง จากนั้นถอดด้วยวิธีตรงกันข้าม เช่น

- เลขที่ต้องการเข้ารหัสคือ 23
- วิธีเข้ารหัสคือการนำเลข 10 มาคูณกับเลขที่ต้องการเข้ารหัส จะได้ผลลัพธ์เป็น 230
- การถอดคือทำด้วยวิธีตรงกันข้าม ซึ่งตรงข้ามของการคูณคือ การหาร ดังนั้นการถอดรหัสจะทำได้โดย การนำ 10 มาหาร ซึ่งจะได้ผลลัพธ์คือ 23 ซึ่งเป็นตัวเลขเดิม

2.4.2 การเข้ารหัสแบบอสมมาตร

การเข้ารหัสแบบอสมมาตร[4] จะมีหลักการทำงานคือ เข้าด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง แล้วถอดออกด้วยอีกวิธีหนึ่ง ตัวอย่างเช่น

การใช้เลขบนหน้าปัดนาฬิกา เพื่อเป็นตัวเข้ารหัสและถอดรหัส โดยผู้ที่เข้ารหัสและผู้ที่ถอดรหัสจะมีตัวเลขประจำตัวของตัวเองไว้ เช่น เลขที่นำมาเข้ารหัสคือ 10

- วิธีเข้ารหัสคือ ผู้เข้ารหัสนำเลขที่ต้องการเข้ารหัสมาบวกกับรหัสที่มีอยู่คือ 9 และ mod ด้วย 12

$$(10 + 9) \% 12 = 7$$

- วิธีการถอดรหัสคือ ผู้ถอดรหัสนำเลขที่ผ่านการเข้ารหัส บวกด้วยรหัสที่มีอยู่คือ 3 และ mod ด้วย 12

$$(7 + 3) \% 12 = 10$$

จะได้ผลลัพธ์คือเลข 10 ซึ่งเป็นเลขเดิมก่อนเข้ารหัส

2.5 Machine learning

Machine learning คือ การส่งตัวอย่างของข้อมูลที่มีเพื่อให้เครื่องเรียนรู้และจดจำสิ่งต่างๆ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้ดีขึ้น [5] เมื่อระบบที่สร้างขึ้นได้เรียนรู้ จะนำความรู้ที่เรียนได้จะเก็บไว้ในฐานความรู้ด้วยรูปแบบการแทนความรู้อย่างใดอย่างหนึ่ง เมื่อต้องการทดสอบข้อมูลใหม่ สามารถทำได้โดยนำข้อมูลใหม่ที่ได้มาเปรียบเทียบกับฐานความรู้ที่สร้างไว้ในขั้นต้น

2.6 การจดจำใบหน้าด้วยวิธี EigenFace

Eigenface เป็น algorithm หนึ่งที่ใช้ในการรู้จำใบหน้าและการระบุตัวบุคคล [3] ซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนหลักการของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) โดยจะแทนภาพ ใบหน้าด้วยสมการเชิงเส้นของเวคเตอร์ที่ตั้งฉากกัน โดยการหา Eigen Vector ของเมทริกความแปรปรวนร่วม (covariance matrix) ของรูปภาพในฐานข้อมูลทั้งหมด โดยนำภาพในฐานข้อมูลแต่ละภาพมาเก็บข้อมูลแบบเวกเตอร์ แล้วจึงนำมาหาเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของภาพ ซึ่งภาพใบหน้าที่ต้องการทำเป็นแบบจำลองต้องเป็นระดับเทา (Gray Level) เนื่องจากใช้หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลน้อยกว่า ภาพสี ทำให้ประหยัดหน่วยความจำ เมื่อเทียบกับการเก็บข้อมูลของภาพสี ทำให้ภาพระดับเทา ใช้เวลาในการประมวลผลที่เร็วกว่าภาพสี จึงต้องทำการแปลงภาพที่ใช้เป็นภาพ

รูปแบบสีเทา โดย อาศัยการทำงานของระบบสี HSV (Hue Saturation Value) ซึ่งเป็นการพิจารณาสีโดยใช้ Hue Saturation และ Value

2.7 เครือข่ายคอมพิวเตอร์

เครือข่ายคอมพิวเตอร์เป็นการนำคอมพิวเตอร์หลายๆ เครื่องมาต่อร่วมกัน[6] โดยมีเครื่องหนึ่งเป็นเครื่องแม่ข่ายและมีเครื่องลูกข่ายต่อเข้าร่วมกับเครื่องแม่ข่ายเพื่อให้สามารถใช้ข้อมูลระหว่างกันได้ ในสมัยก่อนเครื่องแม่ข่ายจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ต่อมาบริษัทที่ผลิตคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาคุณภาพคอมพิวเตอร์ของตนเองให้มีความสามารถสูงขึ้นจนมาถึงไมโครคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ซึ่งมีขนาดเล็กลง ราคาถูกลง แต่มีคุณภาพและความสามารถเพิ่มมากขึ้นและได้มีการพัฒนาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์จนสามารถนำเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อเป็นระบบเครือข่ายได้ โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งเป็นเครื่องแม่ข่ายและนำไมโครคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นมาเชื่อมต่อกันเป็นเครื่องลูกข่าย แต่ในองค์กรขนาดใหญ่ก็ยังใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่เครื่องแม่ข่ายเพื่อให้บริการโดยมีเครือข่าย (Network) เป็นเส้นทางในการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์จากจุดต่างๆ ตัวอย่างเช่น

1. เครือข่ายแลนเป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อสารที่อยู่ในห้องที่หรือบริเวณใกล้เคียง เช่น ภายในอาคาร หรือภายในองค์กรที่ระยะทางไม่ไกลมาก เครือข่ายแลนจัดว่าเป็นเครือข่ายเฉพาะขององค์กรก็ว่าได้ สามารถดำเนินการได้เองโดยการวางสายสัญญาณไว้ในที่ที่ต้องการ เครือข่ายแลนเป็นเครือข่ายขนาดเล็กตั้งแต่การต่อคอมพิวเตอร์ตั้งแต่สองเครื่องไปจนถึงขนาดใหญ่ที่ใช้งานในมหาวิทยาลัยหรือการเชื่อมโยงระหว่างอาคาร
2. เครือข่ายแวน (Wide Area Network : WAN) คือเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงระยะไกล อย่างเช่น การเชื่อมโยงระหว่างจังหวัด หรือระหว่างประเทศ ดังนั้นการเชื่อมโยงจึงต้องอาศัยระบบการบริการสาธารณะ เช่น ใช้สายโทรศัพท์จากองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย หรือ การสื่อสารผ่านดาวเทียม ดังนั้นเครือข่ายแวนจึงเป็นเครือข่ายที่ใช้กับองค์กรต่างๆ ในระยะไกล เช่น การให้บริการของ ตู้ ATM ของธนาคารที่มีสาขาอยู่ทั่วประเทศ

ประเภทของระบบเครือข่ายแลนแบ่งตามลักษณะการทำงาน

1. Peer – to – Pear เป็นการเชื่อมต่อโดยคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องสามารถแบ่งทรัพยากรต่างๆ ใช้ร่วมกันได้ ไม่ว่าจะเป็นไฟล์ข้อมูล หรือเครื่องพิมพ์ การเชื่อมต่อรูปแบบนี้ไม่มีเครื่องใดเครื่องหนึ่งเป็นหลักแต่จะยังคงคุณสมบัติเดิมของระบบเครือข่ายไว้ การเชื่อมต่อรูปแบบนี้มักทำในเครือข่ายขนาดเล็กที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่เกิน 10 เครื่อง และงานที่มีต้องเป็นข้อมูลที่ไม่เป็นความลับ เพราะระบบรักษาความปลอดภัยต่ำ
2. Client – Server รูปแบบนี้เป็นระบบที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องมีฐานะในการทำงานเท่าเทียมกันทุกเครื่องในเครือข่ายแต่จะมีเครื่องหนึ่งที่เป็นเครื่องแม่ข่ายคอยให้บริการทรัพยากรแก่เครื่องลูกข่าย ข้อดีคือระบบมีความปลอดสูง เพราะข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ที่เครื่อง Server เพียงเครื่องเดียว
3. การเชื่อมต่อแบบไร้สาย (Wireless Lan : WLAN) การเชื่อมต่อแบบนี้กำลังเป็นที่นิยมเหมาะกับเครื่องพีซี หรือเครื่อง Notebook ซึ่งการส่งสัญญาณติดต่อจะใช้คลื่นวิทยุเป็นคลื่นพาหะ

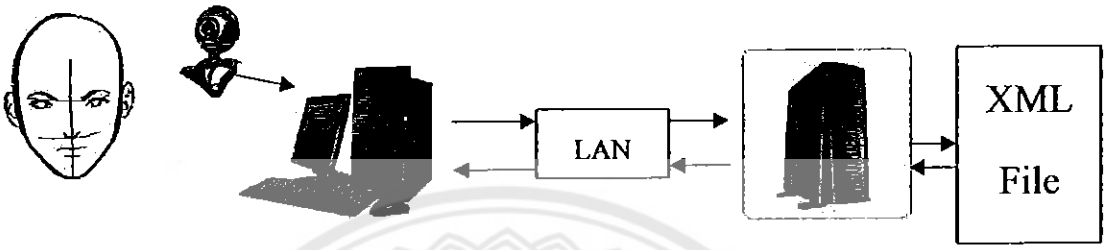
2.8 การรับส่งข้อมูล

การรับส่งข้อมูลจะมี 2 แบบคือ

- TCP : (Transmission Control Protocol)[7] ซึ่งอยู่ใน Transport Layer ทำหน้าที่ในการแยกข้อมูลเป็นส่วน ๆ หรือที่เรียกว่า Package ส่งออกไป ส่วน TCP ปลายทางก็จะทำการรวบรวมข้อมูลแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน เพื่อนำไปประมวลผลต่อไปโดยระหว่างการรับส่งข้อมูลนั้นก็จะมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วย ถ้าเกิดผิดพลาด TCP ปลายทางก็จะขอไปยัง TCP ต้นทางให้ส่งข้อมูลมาใหม่
- UDP : (User Datagram Protocol)[7] ซึ่งอยู่ใน Transport Layer ทำหน้าที่จัดการและควบคุมการรับส่งข้อมูลแต่ไม่มีกลไกความคุมการรับส่งข้อมูลให้มีเสถียรภาพและเชื่อถือได้ (unreliable, connectionless) โดยปล่อยให้เป็นหน้าที่ของแอพพลิเคชั่นเลเยอร์ แต่ UDP มีข้อได้เปรียบในการส่งข้อมูลได้ทั้งแบบ unicast, multicast และ broadcast อีกทั้งยังทำการติดต่อสื่อสารได้เร็วกว่า TCP เนื่องจาก TCP ต้องเสีย overhead ให้กับขั้นตอนการสื่อสารจึงทำให้ TCP มีความน่าเชื่อถือในการรับส่งข้อมูล

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

3.1 สร้างโปรแกรมยืนยันตัวตนโดยวิธีเปรียบเทียบใบหน้า

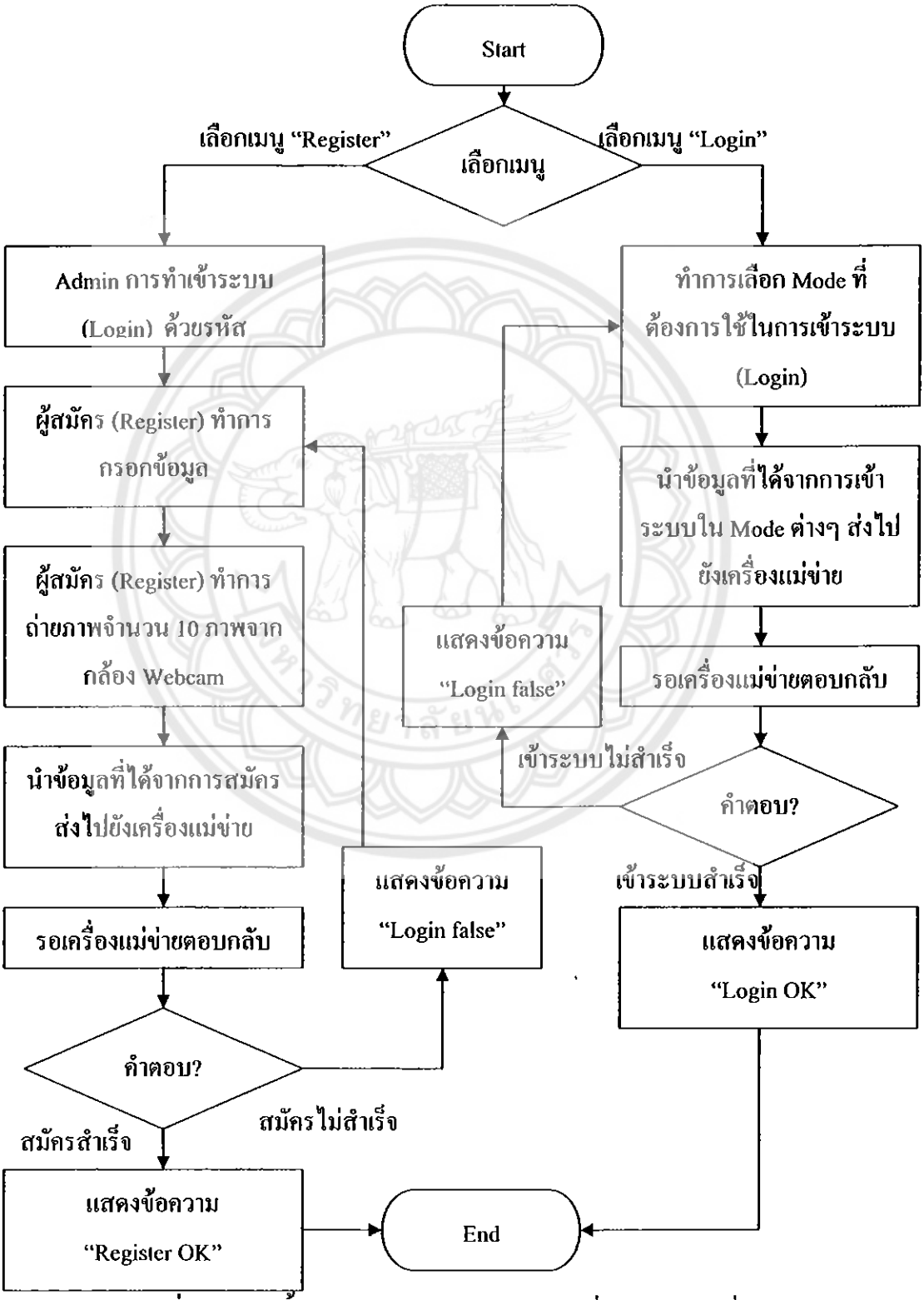
3.1.1 การวิเคราะห์การทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 2 โปรแกรมหลักๆ คือ โปรแกรมซึ่งทำงานบนเครื่องลูกข่าย และโปรแกรมซึ่งทำงานบนเครื่องแม่ข่าย โดยโปรแกรมซึ่งทำงานบนเครื่องลูกข่ายเรียกว่า โปรแกรมฝั่งลูกข่าย และโปรแกรมซึ่งทำงานบนเครื่องแม่ข่ายเรียกว่าโปรแกรมเปรียบเทียบใบหน้า

- การทำงานของโปรแกรมฝั่งลูกข่ายจะแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ
  - กรณีผู้ใช้งานยังไม่เคยลงทะเบียน
  - กรณีผู้ใช้งานเคยลงทะเบียนแล้วและโปรแกรมสามารถทำการเข้ารหัสข้อมูล และทำการส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายได้
- การทำงานของโปรแกรมเปรียบเทียบใบหน้าจะทำหน้าที่ดังต่อไปนี้
  - ถอดรหัสข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องลูกข่าย
  - เปรียบเทียบรูปหน้าและรหัสที่รับจากเครื่องลูกข่าย
  - ส่งคำตอบที่ได้จากการเปรียบเทียบไปยังเครื่องลูกข่าย
  - บันทึกข้อมูลที่ได้รับลงในฐานข้อมูล (database) ในกรณีผู้ใช้งานต้องการลงทะเบียน โดยข้อมูลของผู้ใช้งานที่เก็บลงฐานข้อมูล ประกอบด้วย
    - ชุดข้อมูลรูปหน้าของผู้ใช้งานที่ทำการถ่ายภาพจากกล้อง webcam จำนวน 10 ภาพต่อ 1 บุคคล
    - รหัสขนาด 4 ตัว ซึ่งตัวเลข 0 – 9 เท่านั้น

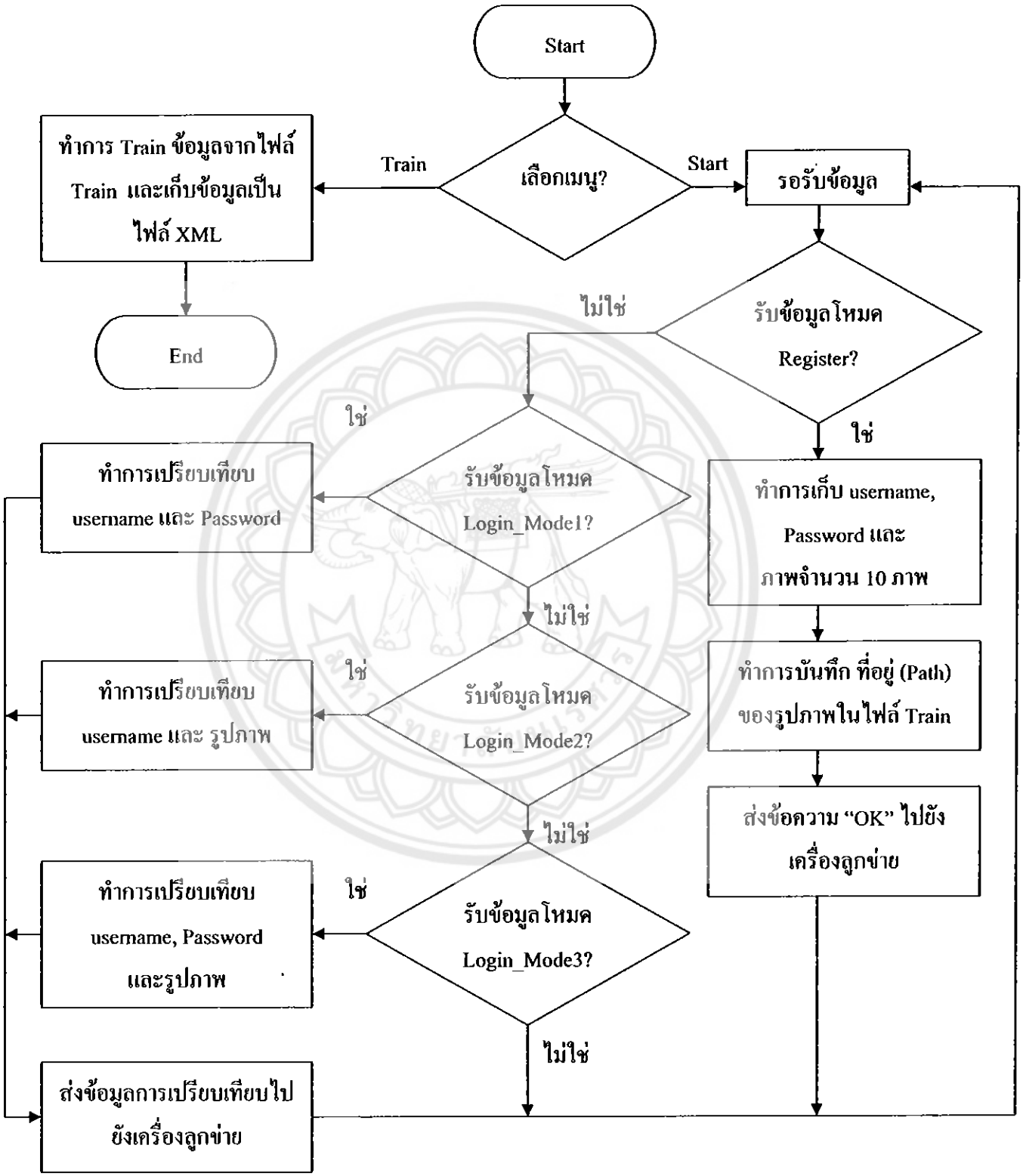
3.1.2 ออกแบบโปรแกรม

- การทำงานของโปรแกรมซึ่งทำงานบนเครื่องลูกข่ายแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



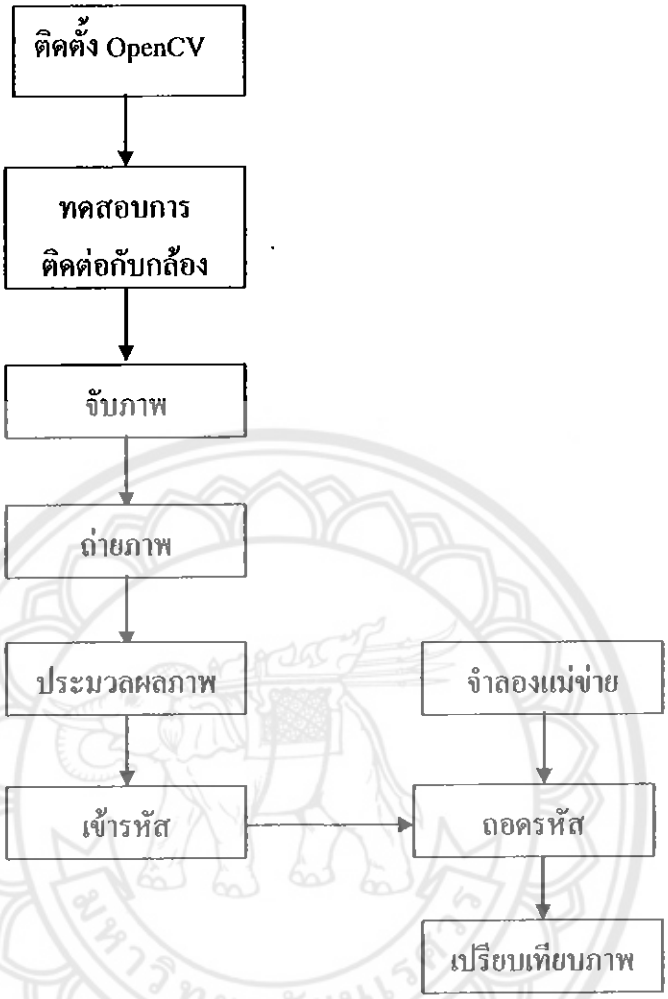
รูปที่3.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมซึ่งทำงานบนเครื่องลูกข่าย

- การทำงานของโปรแกรมซึ่งทำงานบนเครื่องแม่ข่าย แสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่3.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมซึ่งทำงานบนเครื่องแม่ข่าย

3.1.3 การสร้างโปรแกรม



รูปที่3.4 แสดงขั้นตอนการสร้างโปรแกรม

หลังจากวิเคราะห์การทำงานของโปรแกรมและออกแบบโปรแกรม ขั้นต่อไปคือขั้นตอนของการสร้างโปรแกรมโดยแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้ง OpenCV เพื่อนำ OpenCV มาช่วยในการประมวลผลภาพ
2. สร้างโปรแกรมที่ติดต่อกับกล้องเพื่อทดสอบว่าสามารถติดต่อกับกล้องได้หรือไม่
3. สร้างโปรแกรมจับภาพเพื่อนำภาพที่ได้มาประมวลผล
4. สร้างโปรแกรมประมวลผลภาพเพื่อนำผลไปเก็บเข้าสู่ฐานข้อมูล
5. สร้างโปรแกรมเข้ารหัสและถอดรหัสเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการเข้าถึงข้อมูล
6. สร้างโปรแกรมเพื่อเปรียบภาพที่ได้กับข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล
7. สร้าง GUI เพื่อให้ผู้ใช้สะดวกยิ่งขึ้น

3.2 ทดสอบการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่อง

ขั้นตอนการทดสอบคือ

1. ให้ผู้ใช้ถ่ายภาพจำนวน 10 ภาพเพื่อนำภาพที่ได้ไปสร้างระบบการเรียนรู้
2. กรอกชื่อและรหัสผ่านเพื่อนำไปเก็บในฐานข้อมูล เมื่อกรอกเสร็จถือว่าขั้นตอนการลงทะเบียนเสร็จสมบูรณ์
3. กรอกรหัสผ่านเพื่อเป็นข้อมูลในการเข้าสู่ระบบ (ทำใหม่ทุกครั้งที่มีการเข้าระบบ)
4. ถ่ายภาพใหม่เพื่อใช้เป็นภาพในการเข้าสู่ระบบ (ทำใหม่ทุกครั้งที่มีการเข้าระบบ)

3.3 การเข้ารหัสและการถอดรหัส

เนื่องจากการใช้ภาพถ่ายของใบหน้าอย่างเดียวนั้นอาจมีความปลอดภัยไม่มากเท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องมาจากการยืนยันตัวตนด้วยใบหน้ายังมีจีดจำกัดในหลายๆ ด้าน อาจเป็นเหตุให้มีการลักลอบเข้าถึงข้อมูล ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลไปสู่การนำการเข้ารหัสและการถอดรหัสมาประยุกต์ใช้ควบคู่กันเพื่อให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้น โดยนำหลักการเข้ารหัสแบบสมมาตรมาประยุกต์ใช้ แต่การเข้ารหัสแบบทั่วๆไปนั้นหากถูกดักจับข้อมูลระหว่างที่ส่งจะเป็นเหตุให้มีการนำข้อมูลที่ถูกดับจับได้มาใช้อีกในภายหลัง ดังนั้นจึงนำวันที่เข้ามาประยุกต์ใช้ร่วมด้วยเพื่อให้ข้อมูลรหัสผ่านที่ส่งไปนั้นสามารถใช้งานได้เพียงวันเดียว

ตัวอย่างโค้ดเข้ารหัส

```
int day      =    myTime->tm_mday;
int month    =    myTime->tm_mon+1;
int year     =    myTime->tm_year+1900;
//encode
int newPass  =    ((pass+year)+month)+day;
```

ตัวอย่างโค้ดถอดรหัส

```
int day      =    myTime->tm_mday;
int month    =    myTime->tm_mon+1;
int year     =    myTime->tm_year+1900;
//encode
int newPass  =    ((pass-day)-month)-year;
```

3.4 ทดสอบการเปรียบเทียบใบหน้าผ่านระบบเครือข่าย

การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. นำเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่องมาเชื่อมต่อกัน โดยให้เครื่องหนึ่งเป็นเครื่องแม่ข่ายและรันโปรแกรมการเปรียบเทียบใบหน้า ส่วนอีกเครื่องเป็นเครื่องลูกข่ายและรันโปรแกรมฝั่งลูกข่ายไว้
2. ให้ผู้ใช้กรอกรหัสผ่านเพื่อทดสอบการเข้าสู่ระบบ
3. ให้ผู้ใช้ถ่ายภาพเพื่อทดสอบการเข้าสู่ระบบ
4. รอฝั่งแม่ข่ายตอบกลับว่าผลการเข้าสู่ระบบถูกต้องหรือไม่

3.5 ขั้นตอนการรับส่งข้อมูล

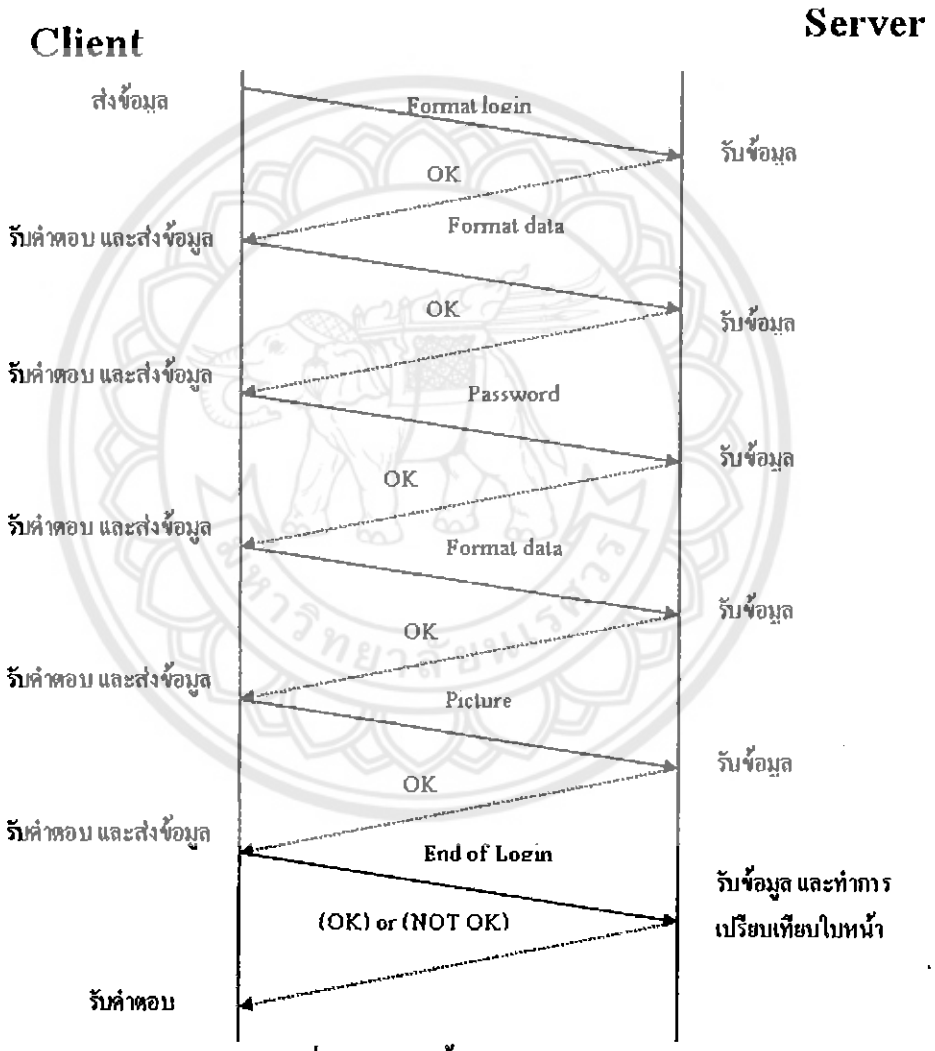
เครื่องลูกข่าย

1. เมื่อผู้ใช้งานเลือกรูปแบบในการเข้าระบบแล้ว โปรแกรมจะส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายว่าเป็นการเข้าระบบรูปแบบใด
2. โปรแกรมจะรอรับข้อมูลตอบกลับจากเครื่องแม่ข่าย ถ้าข้อความที่ได้รับคือ "OK" จะดำเนินการต่อไป แต่ถ้ารับข้อมูลไม่ได้จะทำการส่งข้อมูลชุดเดิมไปใหม่และรอรับข้อมูลจากเครื่องแม่ข่ายจนกว่าจะได้รับข้อมูล
3. เมื่อได้รับข้อความจากเครื่องแม่ข่ายแล้วโปรแกรมจะทำการส่งข้อความกลับไปว่า ครั้งต่อไปข้อมูลที่จะส่งเป็นชนิดตัวอักษร
4. โปรแกรมจะให้ผู้ใช้งานกรอกรหัสผ่าน เมื่อผู้ใช้กดที่เมนู OK โปรแกรมจะส่งข้อมูลรหัสผ่านไปยังเครื่องแม่ข่าย
5. เมื่อได้รับข้อความจากเครื่องแม่ข่ายแล้วโปรแกรมจะส่งข้อความไปยังเครื่องแม่ข่ายว่าครั้งต่อไปเป็นข้อมูลชนิดรูปภาพ(ในกรณีของการเข้าระบบรูปแบบที่ 2 และ 3 แต่ในรูปแบบที่ 1 จะเสร็จสิ้นกระบวนการเข้าระบบ)
6. เมื่อได้รับข้อความจากเครื่องแม่ข่ายแล้ว ถ้าเป็นรูปแบบการเข้าระบบที่ 2 และ 3 ผู้ใช้งานจะต้องถ่ายภาพเพื่อเข้าระบบ เมื่อถ่ายภาพเสร็จแล้วโปรแกรมจะส่งข้อมูลภาพไปยังเครื่องแม่ข่าย
7. รอข้อความตอบลับจากเครื่องแม่ข่ายและส่งข้อความสิ้นสุดการเข้าระบบไปยังเครื่องแม่ข่าย
8. รอข้อความตอบลับจากเครื่องแม่ข่าย และแสดงข้อความว่าเข้าระบบได้หรือไม่

เครื่องแม่ข่าย

1. รอรับข้อมูล
2. เมื่อได้รับข้อมูลแล้วจะทำการส่งข้อความ "OK" ไปยังเครื่องลูกข่าย
3. เมื่อกระบวนการรับข้อมูลของการเข้าระบบสิ้นสุดแล้ว จะทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้มาทั้งหมด แล้วส่งข้อความกลับไปว่า "OK" หรือ "NOT OK"

โดยการรับส่งข้อมูลทั้งหมดจะเป็นแบบไบนารี ซึ่งจะเก็บค่าอยู่ในตัวแปรแบบ char*



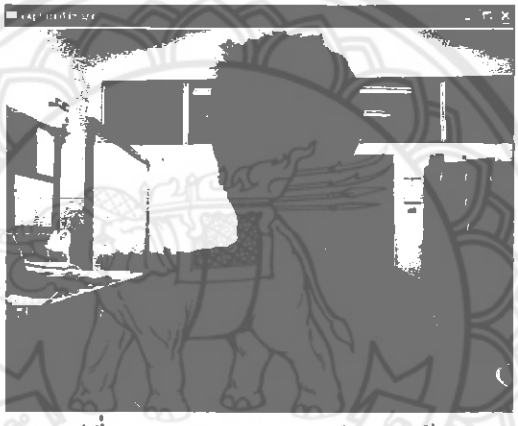
รูปที่3.5 แสดงขั้นตอนการรับ - ส่งข้อมูล

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบการติดต่อกับกล้อง

การติดต่อกับกล้องเป็นการนำ library ของ openCV มาประยุกต์ใช้โดยภาพที่แสดงนั้นเป็นภาพในลักษณะของ video



รูปที่4.1 แสดงผลการติดต่อกับกล้อง

4.2 ผลการจับภาพและการประมวลผลภาพ

จาก video ที่ได้ในขั้นตอนแรกต้องนำมาทำให้เป็นภาพเพื่อนำไปประมวลผล จึงต้องทำการจับภาพจาก video โดยใช้คำสั่ง cvQueryFrame() ซึ่งคำสั่งนี้จะดึงภาพจาก video

จากนั้นนำภาพที่ได้ไปประมวลผลเพื่อหาตำแหน่งของใบหน้าที่อยู่ในภาพ

รูปที่4.2 แสดงการหาตำแหน่งของใบหน้า

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าภาพที่ได้มานั้นไม่ได้มีเพียงส่วนของใบหน้าแต่มีส่วนประกอบอื่นอีกมากมายซึ่งไม่มีความจำเป็นต่อการประมวลผล ดังนั้นจึงต้องตัดภาพเพื่อนำมาเฉพาะส่วนที่ต้องการเท่านั้น ซึ่ง openCV ใช้คำสั่ง cvSetImageROI โดยคำสั่งดังกล่าวจะเป็นการตัดภาพเฉพาะส่วนที่ต้องการเท่านั้น

รูปที่4.3 แสดงภาพที่ตัดเฉพาะส่วนใบหน้าโดยใช้คำสั่ง `cvSetImageROI`

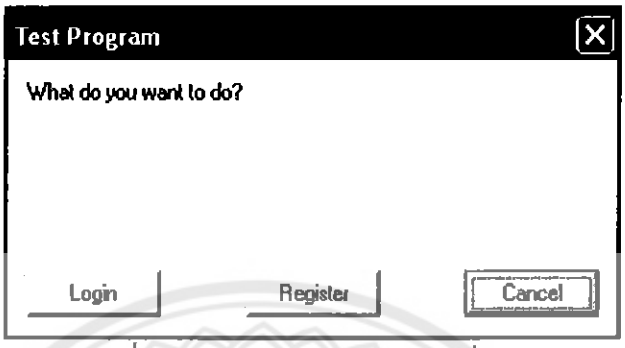
จะเห็นว่าภาพที่ได้เป็นภาพหัวกลับเนื่องจากผ่านคำสั่ง cvFlip() หลังจากได้ภาพตามที่ต้องการแล้ว แต่ภาพที่ได้จะมีขนาดต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะความใกล้ไกลของการถ่ายภาพ ดังนั้นจึงต้องนำภาพที่ได้มาปรับขนาดเพื่อให้ภาพทุกภาพมีขนาดเท่ากัน ซึ่งทำโดยใช้คำสั่ง cvResize() จากนั้นนำภาพที่ผ่านการปรับขนาดไปแปลงให้เป็น gray scale เพื่อเตรียมนำไปประมวลผลด้วยคำสั่ง `cvCvtColor(,,CV_RGB2GRAY)` โดยภาพที่ได้จะกลับมาเป็นภาพหัวตั้งเหมือนเดิม

รูปที่4.4 แสดงภาพที่แปลงเป็น gray scale

จากนั้นนำภาพที่ได้ save ในเครื่องโดยใช้นามสกุล .pmg ซึ่งเป็นนามสกุลที่รองรับภาพที่เป็น gray scale โดยเฉพาะ

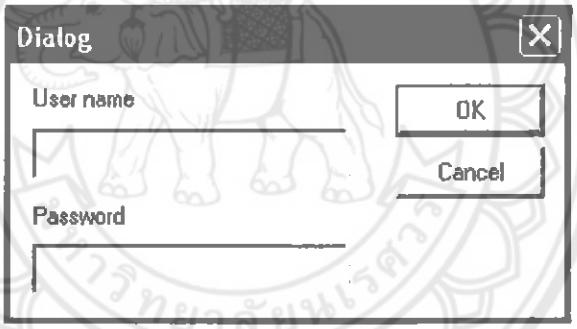
4.3 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่อง

ในขั้นแรกจะให้ผู้ใช้งานถ่ายภาพคนละ 10 ภาพเพื่อนำไปสร้างเป็นฐานข้อมูลโดยใช้หลักของ PCA ร่วมกับระบบ Machine learning ซึ่งฐานข้อมูลจะเก็บอยู่ในรูปของ XML File



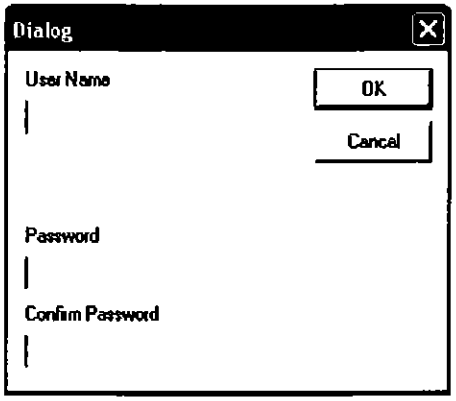
รูปที่4.5 แสดงหน้าต่างโปรแกรมที่สร้าง

จากนั้นให้ผู้ใช้เลือกปุ่ม Register เพื่อลงทะเบียน



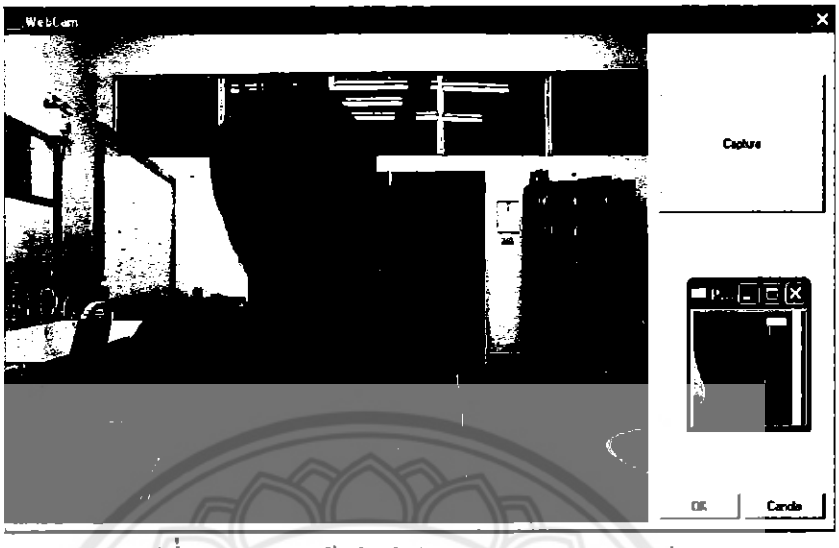
รูปที่4.6 แสดงหน้าต่างเพื่อให้ admin เข้าระบบ เพื่อลงทะเบียน

จากนั้นให้ผู้ใช้กรอกข้อมูล ชื่อและรหัสผ่านเพื่อนำไปเก็บยังฐานข้อมูล



รูปที่4.7 แสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ทดสอบกรอกข้อมูลเพื่อลงทะเบียน

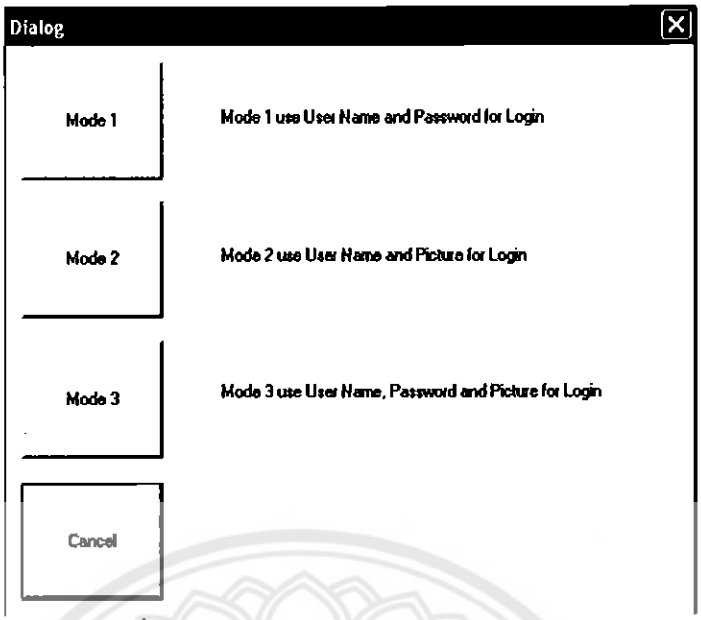
จากนั้นโปรแกรมจะให้ผู้ใช้งานถ่ายภาพทั้งหมดสิบภาพเพื่อนำไปเก็บลงฐานข้อมูล



รูปที่4.8 แสดงหน้าต่างโปรแกรมสำหรับลงทะเบียน

รูปที่4.9 แสดงชุดของภาพที่จะนำไปเก็บในฐานข้อมูล

จากนั้นจะให้ผู้ใช้งานถ่ายภาพใหม่เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลว่าตรงกันหรือไม่ โดยการเข้าระบบนั้นผู้ทดสอบสามารถเลือกได้ว่าจะเข้าระบบด้วยวิธีใด (วิธีใช้รหัสผ่านเพียงอย่างเดียว, วิธีใช้ภาพถ่ายเพียงอย่างเดียว หรือใช้ทั้งรหัสผ่านและภาพถ่าย) แต่เพื่อให้การเข้าระบบเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ในการทดสอบครั้งนี้จะให้ผู้ทดสอบใช้ภาพถ่ายเพียงอย่างเดียว



รูปที่4.10 แสดงโหมดต่างๆ ของการเข้าระบบ

โดยการทดสอบจะใช้ผู้ทดสอบเป็นจำนวน 20 คน และทดสอบคนละ 5 รอบ ผลที่ได้เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่อง

คนที่	จำนวนภาพที่เปรียบเทียบได้ถูกต้อง (ภาพ)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
1	5	100 %
2	5	100 %
3	4	80 %
4	3	60 %
5	5	100 %
6	4	80 %
7	3	60 %
8	5	100 %
9	5	100 %
10	5	100 %
11	5	100 %
12	2	40 %
13	2	40 %

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 4.1(ต่อ) ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่อง

14	5	100 %
15	2	40 %
16	5	100 %
17	5	100 %
18	5	100 %
19	3	60 %
20	3	60 %
รวม	81	81 %

จากตารางที่ 4.1 พบว่าความถูกต้องจากการทดสอบคิดเป็น 81% ซึ่งถือได้ว่ามีความแม่นยำมากพอสมควร ส่วนภาพที่ผิดนั้นพบว่า ลักษณะหน้าและมุมจะมีความใกล้เคียงกัน(สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก ภาคผนวก ข.) จากนั้นให้ผู้ทดสอบเข้าระบบโดยใช้ทั้งรหัสผ่านและภาพถ่ายโดยผลที่ได้เป็นนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยใช้ทั้งรหัสผ่านและภาพถ่าย

คนที่	จำนวนภาพที่เปรียบเทียบได้ถูกต้อง (ภาพ)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
1	5	100 %
2	5	100 %
3	4	80 %
4	3	60 %
5	5	100 %
6	4	80 %
7	3	60 %
8	5	100 %
9	5	100 %
10	5	100 %
11	5	100 %
12	2	40 %

1574378X
ปร.
ส/1691
2552

ตารางที่ 4.2(ต่อ) ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยใช้ทั้งรหัสผ่านและภาพถ่าย

13	2	40 %
14	5	100 %
15	2	40 %
16	5	100 %
17	5	100 %
18	5	100 %
19	3	60 %
20	3	60 %
รวม	81	81 %

4.4 ผลการทดสอบการเปรียบเทียบใบหน้าผ่านเครือข่าย

เมื่อการทดสอบภายในเครื่องมีประสิทธิภาพแล้ว ขั้นต่อไปเป็นการทดสอบผ่านระบบเครือข่ายแลน ซึ่งผลเป็นดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการเข้าระบบผ่านระบบเครือข่ายแลน

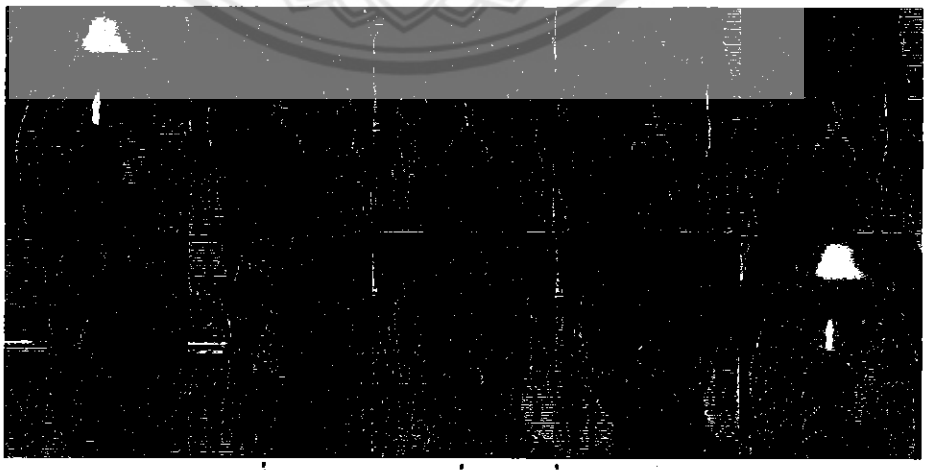
คนที่	จำนวนภาพที่เปรียบเทียบได้ถูกต้อง (ภาพ)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)
1	2	40 %
2	1	20 %
3	1	20 %
4	2	40 %
5	1	20 %
6	0	0 %
7	0	0 %
8	1	20 %
9	2	40 %
10	2	40 %
11	1	20 %
12	0	0 %

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ผลการทดสอบการเข้าระบบผ่านระบบเครือข่ายแลน

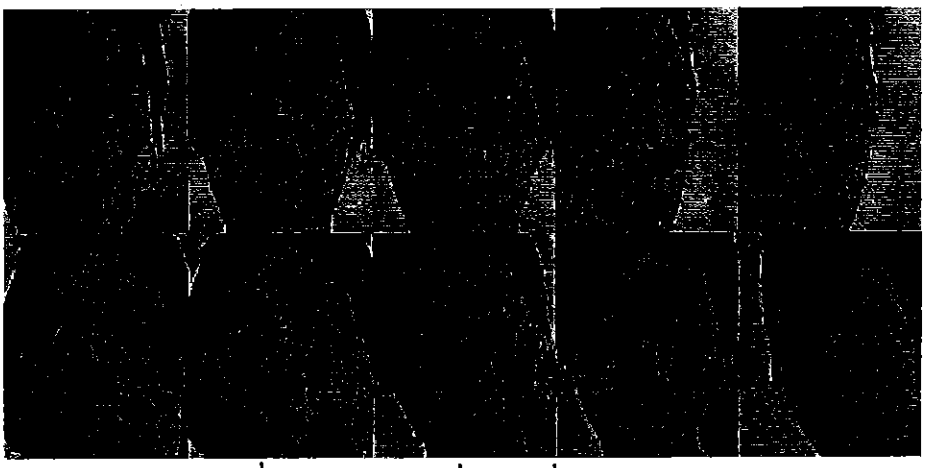
13	3	60 %
14	2	40 %
15	2	40 %
16	2	40 %
17	1	20 %
18	0	0 %
รวม	23	25.56 %

จากผลการทดสอบผ่านระบบเครือข่ายแลนพบว่าผลที่ได้มีความถูกต้องเพียง 25.56% ซึ่งถือว่ามีความถูกต้องน้อยมาก เมื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความผิดพลาด คาดว่ามีสาเหตุจากแสงในขณะถ่ายภาพไม่เท่ากัน โดยวิเคราะห์จากผลที่ได้จากการทดสอบภายในเครื่อง เนื่องจากการทดสอบภายในเครื่องนั้นทำโดยให้ผู้ทดสอบถ่ายภาพเพื่อสร้างฐานข้อมูล และทดสอบการเข้าระบบทันที จึงทำให้มีความถูกต้องสูงเนื่องจากแสงเป็นระดับเดียวกัน แต่การทดสอบผ่านระบบเครือข่ายแลนจะใช้ฐานข้อมูลเดิม จากนั้นให้ผู้ทดสอบถ่ายภาพ ผลที่ได้คือมีความถูกต้องน้อยมาก ดังนั้นจึงทำขั้นตอนทดสอบว่าแสงที่แตกต่างกันมีผลต่อความผิดพลาดหรือไม่โดยให้ผู้ทดสอบถ่ายภาพจากสถานที่ซึ่งมีแสงต่างกัน

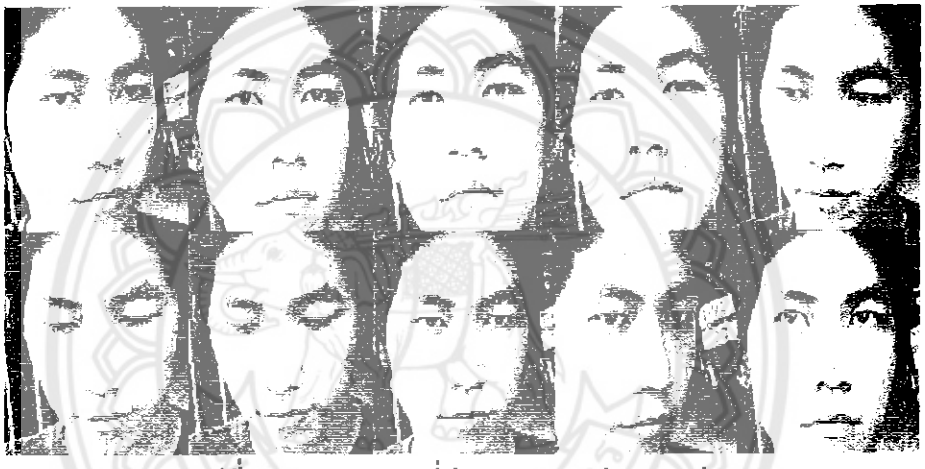
4.5 ผลการทดสอบแสง



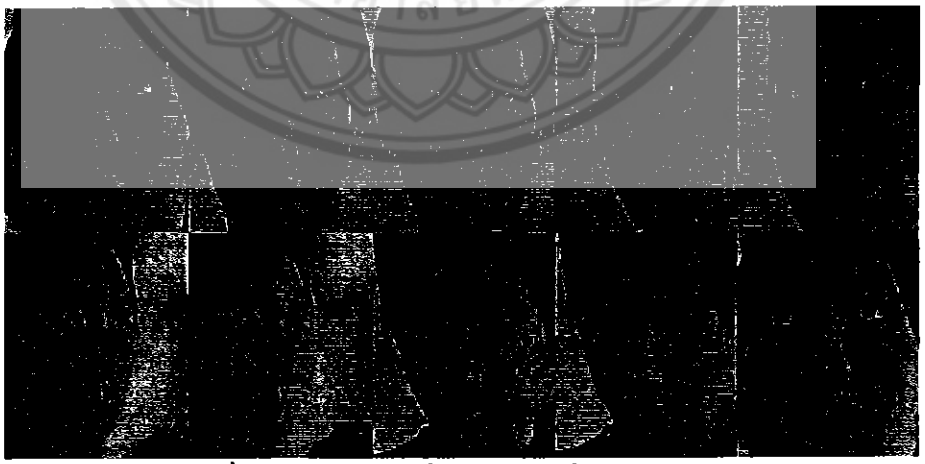
รูปที่4.11 แสดงภาพที่ถ่ายในที่มีแสงไฟมาก



รูปที่4.12 แสดงภาพที่ถ่ายในที่มีแสงไฟปกติ



รูปที่4.13 แสดงภาพที่ถ่ายกลางแสงช่วงเวลาบ่าย



รูปที่4.14 แสดงภาพที่ถ่ายในห้องที่ปิดไฟช่วงบ่าย

ขั้นตอนนี้จะให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบลงทะเบียนและทดสอบเข้าระบบจากที่ต่างๆกัน โดยแบ่งเป็น 4 สถานที่คือ ที่มีแสงไฟมาก, ที่มีแสงไฟปกติ, ที่มีแสงปกติและในแสงธรรมชาติตอนบ่าย

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการเข้าระบบจากสถานที่ต่างๆ กัน ของบุคคลที่ 1

	การเข้าระบบในที่มีแสงไฟมาก (10 ครั้ง)	การเข้าระบบในที่มีแสงไฟปกติ (10 ครั้ง)	การเข้าระบบในแสงปกติ (10 ครั้ง)	การเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย (10 ครั้ง)	รวม (40 ครั้ง)
ลงทะเบียนในที่มีแสงไฟมาก	9	0	0	1	10
ลงทะเบียนในที่มีแสงไฟปกติ	0	7	8	0	15
ลงทะเบียนในแสงปกติ	0	8	10	0	18
ลงทะเบียนในแสงธรรมชาติตอนบ่าย	0	0	0	10	10

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการเข้าระบบจากสถานที่ต่างๆ กัน ของบุคคลที่ 2

	การเข้าระบบในที่มีแสงไฟมาก (10 ครั้ง)	การเข้าระบบในที่มีแสงไฟปกติ (10 ครั้ง)	การเข้าระบบในแสงปกติ (10 ครั้ง)	การเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย (10 ครั้ง)	รวม (40 ครั้ง)
ลงทะเบียนในที่มีแสงไฟมาก	10	10	10	0	30
ลงทะเบียนในที่มีแสงไฟปกติ	0	10	10	0	20
ลงทะเบียนในแสงปกติ	0	10	10	0	20
ลงทะเบียนในแสงธรรมชาติตอนบ่าย	0	0	0	10	10

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการเข้าระบบจากสถานที่ต่างๆ กัน ของบุคคลที่ 3

	การเข้าระบบในที่มีแสงไฟมาก (10 ครั้ง)	การเข้าระบบในที่มีแสงไฟปกติ (10 ครั้ง)	การเข้าระบบในแสงปกติ (10 ครั้ง)	การเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย (10 ครั้ง)	รวม (40 ครั้ง)
ลงทะเบียนในที่มีแสงไฟมาก	8	5	9	0	22
ลงทะเบียนในที่มีแสงไฟปกติ	9	7	10	10	36
ลงทะเบียนในแสงปกติ	7	6	7	10	30
ลงทะเบียนในแสงธรรมชาติตอนบ่าย	0	0	0	6	6

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการเข้าระบบจากสถานที่ต่างๆ กัน ของบุคคลที่ 4

	การเข้าระบบในที่มีแสงไฟมาก (10 ครั้ง)	การเข้าระบบในที่มีแสงไฟปกติ (10 ครั้ง)	การเข้าระบบในแสงปกติ (10 ครั้ง)	การเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย (10 ครั้ง)	รวม (40 ครั้ง)
ลงทะเบียนในที่มีแสงไฟมาก	6	0	0	10	16
ลงทะเบียนในที่มีแสงไฟปกติ	8	10	9	0	27
ลงทะเบียนในแสงปกติ	6	10	10	0	26
ลงทะเบียนในแสงธรรมชาติตอนบ่าย	9	10	10	10	39

จากผลการทดสอบจะพบว่าการลงทะเบียนและเข้าระบบในสถานที่ซึ่งมีแสงเท่ากันจะสามารถเข้าระบบได้มากกว่าและรองลงมาคือสถานที่ซึ่งมีแสงใกล้เคียงกัน และจากผลการทดสอบยังพบอีกว่าสถานที่ซึ่งใช้ถ่ายภาพเพื่อลงทะเบียนละนำข้อมูลมาใช้เข้าระบบได้มากสุดคือห้องที่มีแสงไฟปกติและสถานที่ซึ่งเข้าระบบได้น้อยสุดคือ การเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการเข้าระบบแต่ละฐานข้อมูล

	การเข้าระบบในที่มีแสงไฟมาก	การเข้าระบบในที่มีแสงไฟปกติ	การเข้าระบบในแสงปกติ	การเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย
ลงทะเบียนในที่มีแสงไฟมาก	82.5 %	37.5 %	47.5 %	27.5 %
ลงทะเบียนในที่มีแสงไฟปกติ	42.5 %	85 %	92.5 %	25 %
ลงทะเบียนในแสงปกติ	32.5 %	85 %	92.5 %	25 %
ลงทะเบียนในแสงธรรมชาติตอนบ่าย	22.5 %	25 %	25 %	90 %

4.6 เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.9 แสดงเวลาใช้งานขั้นตอนต่างๆ

	ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ครั้งที่ 3 (วินาที)	ครั้งที่ 4 (วินาที)	ครั้งที่ 5 (วินาที)	เฉลี่ย (วินาที)
ลงทะเบียน	196	123	123	173	127	148.4
เข้าระบบ โหมด1	19	20	21	18	19	19.4
เข้าระบบ โหมด2	28	28	31	27	31	29
เข้าระบบ โหมด3	37	32	36	33	33	34.2

จากตารางที่ 4.9 พบว่า ขั้นตอนลงทะเบียนจะนานกว่าขั้นตอนอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากขั้นตอนการลงทะเบียนมีทั้งการเข้าระบบของ admin, ขั้นตอนการกรอกข้อมูลและขั้นตอนการถ่ายภาพ จึงทำให้ใช้เวลาค่อนข้างนาน ส่วนการทำงานของการเข้าระบบโหมด 1 นั้นจะใช้เวลาน้อยสุดเนื่องจากมีแค่ขั้นตอนการกรอกข้อมูลเพื่อเข้าระบบเท่านั้น

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการยืนยันตัวตนโดยการรู้จำใบหน้าโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบ ซึ่งเริ่มจากการนำภาพมาหาตำแหน่งของใบหน้า จากนั้นนำภาพไปตัดเฉพาะส่วนที่ต้องการและนำไปแปลงเป็น gray scale และนำภาพไปสร้างเป็นระบบการเรียนรู้ หลังจากทดสอบใช้งานพบว่าสามารถระบุตัวบุคคลได้ 53.95% ซึ่งข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นเมื่อพิจารณาพบว่าสิ่งที่มีผลต่อความผิดพลาดมากที่สุดคือ แสง ซึ่งจากการทดสอบพบว่าการถ่ายภาพในแสงธรรมชาติเพื่อลงทะเบียนจะทำให้เกิดความผิดพลาดสูงสุดและการถ่ายภาพในห้องที่มีแสงไฟปกติเพื่อลงทะเบียนจะเกิดความผิดพลาดน้อยสุด

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1. ภาพที่ถ่ายในระยะที่ต่างกันจะทำให้ได้ขนาดของใบหน้าที่ต่างกัน สามารถแก้ไขโดยนำภาพมาปรับขนาดให้มีขนาดเท่ากันก่อนส่งไปเก็บยังฐานข้อมูล
2. ภาพที่เป็นนามสกุล .jpg(Joint Photographic Expers Group) ไม่สามารถนำมาประมวลผลได้ วิธีแก้ไขคือบันทึกภาพเป็นนามสกุล .png (Portable Grey Map File format)

5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

1. ทำการปรับปรุงวิธีการประมวลผลภาพเพื่อใช้เวลาในการประมวลผลภาพให้น้อยลง
2. ปรับปรุงวิธีประมวลผลภาพเพื่อให้มีความแม่นยำสูงขึ้น

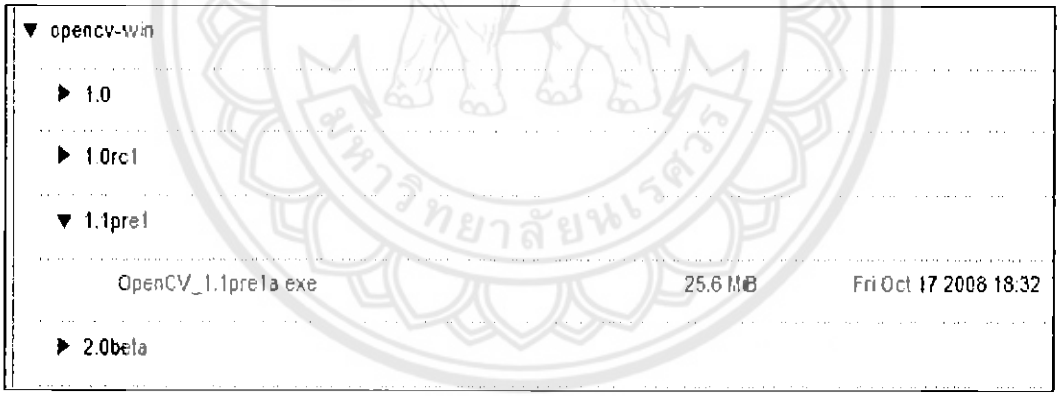
ภาคผนวก ก.

การใช้งาน OpenCV

ก.1 การใช้งาน OpenCV Library เบื้องต้นเพื่อการประมวลผลภาพจากกล้อง

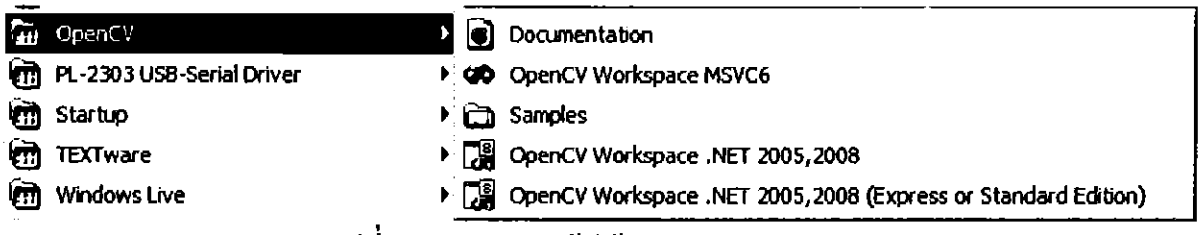
OpenCV เป็น Open Source ซึ่งสามารถดาวน์โหลดเพื่อติดตั้งได้ฟรี โดยสามารถดาวน์โหลดได้ที่ http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary [8]

โดยสำหรับ MS Windows platform นั้นให้เลือกดาวน์โหลดจากหัวข้อ opencv-win ซึ่งจะมีอยู่หลายรุ่นด้วยกัน แต่แนะนำให้เลือกรุ่น 1.0 ซึ่งมีความสมบูรณ์ค่อนข้างมาก โดยในติดตั้ง package จะประกอบไปด้วยชุดlibrary พร้อมทั้ง API Reference ของฟังก์ชัน และ data structure ต่างๆ ที่สามารถเรียกใช้ได้



รูปที่ ก.1 แสดง version ต่างๆ ของ OpenCV

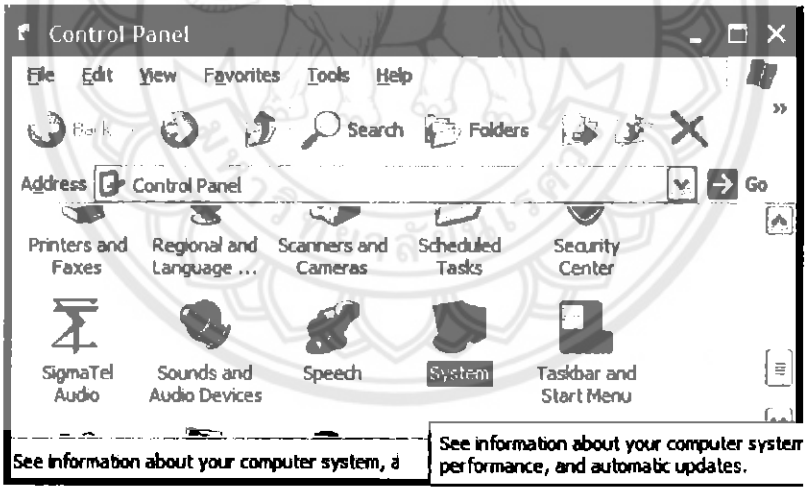
หลังจากที่ดาวน์โหลดเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการติดตั้ง OpenCV ภายในเครื่อง หลังจากการติดตั้งเราสามารถเรียกดูคู่มือการใช้งานและตัวอย่างโปรแกรมได้จาก link ที่ถูกสร้างไว้ใน start menu



รูปที่ ก.2 แสดง การเข้าใช้งาน OpenCV

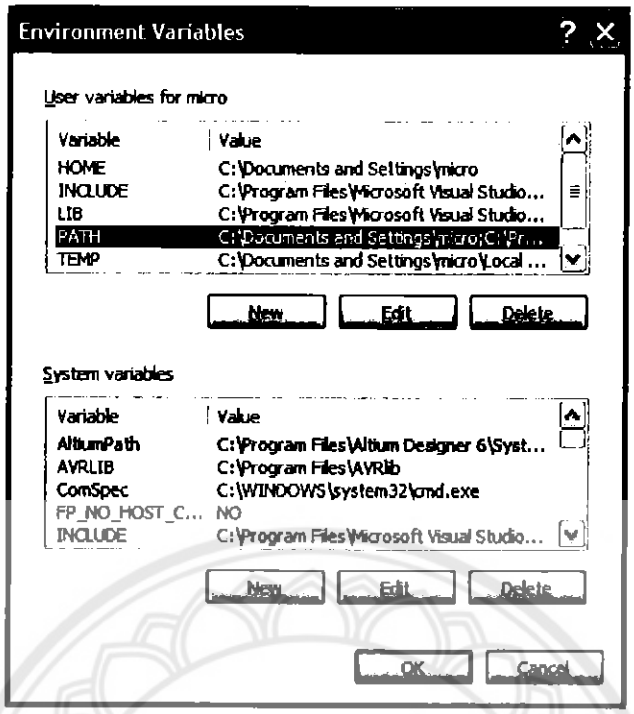
หลังจากติดตั้งเรียบร้อนแล้ว เพื่อให้ Visual C++ เรียกใช้ OpenCV ได้นั้น จำเป็นต้องตั้งค่า Environment Variables ของระบบ โดยมีขั้นตอนการตั้งค่าตามลำดับดังนี้

1. การตั้งค่าระบบเพื่อค้นหา DLL file ให้ทำการเปลี่ยนแปลงค่า environment variable ที่ชื่อ PATH โดยให้เพิ่มตำแหน่ง path ที่เก็บ DLL files ของ OpenCV เข้าไปต่อข้างท้ายค่าของตัวแปรเดิม ซึ่งการแก้ไขค่านั้น ทำโดยเรียก environment variable dialog ขึ้นมา ซึ่งเรียกผ่าน system ที่อยู่ภายใน control panel



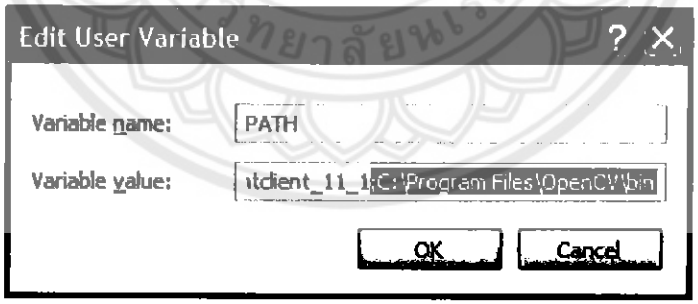
รูปที่ ก.3 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม

จากนั้นให้เลือกที่ tab ชื่อ advanced แล้วมองหาปุ่ม environment variables จากนั้นเลือก dialog สำหรับการตั้งค่า เสร็จแล้วเลือกตัวแปรที่ชื่อ PATH แล้วทำการเลือกที่ปุ่ม edit เพื่อทำการแก้ไขค่า



รูปที่ ก.4 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม

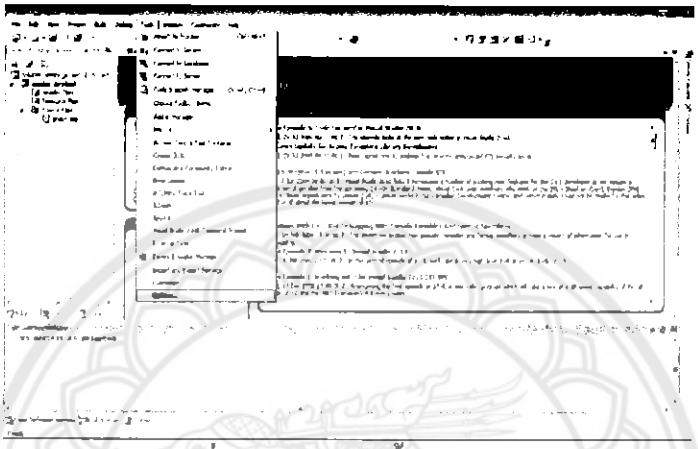
ทำการนำค่า path ที่เก็บ DLL files ของ OpenCV ต่อเพิ่มข้างท้ายของค่าเดิม โดยมีเครื่องหมาย ";" นำหน้า จากนั้นให้กดปุ่ม OK เพื่อยืนยันการแก้ไขค่า



รูปที่ ก.5 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม

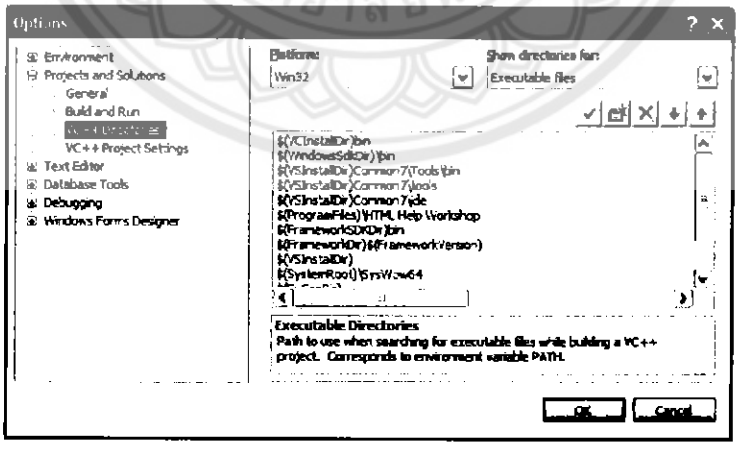
เมื่อทำเสร็จแล้ว ระบบจะทำการเรียกใช้ DLL files จาก path ดังกล่าว เมื่อโปรแกรมที่เราเขียนขึ้นเรียกใช้ DLL files ของ OpenCV

2 การตั้งค่าระบบเพื่อการค้นหา header file และ static library file ในการ compile โปรแกรมที่เรียกใช้ function ของ OpenCV จำเป็นที่จะต้องอ้างอิงถึงข้อมูลใน static library files, include files และ source files ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตั้งค่าให้ระบบของ Visual C++ ซึ่งการตั้งค่าทำโดยการเปิดโปรแกรม Visual C++ ขึ้นมา จากนั้นเรียก Option dialog เพื่อทำการแก้ไขข้อมูลของ VC++ directories



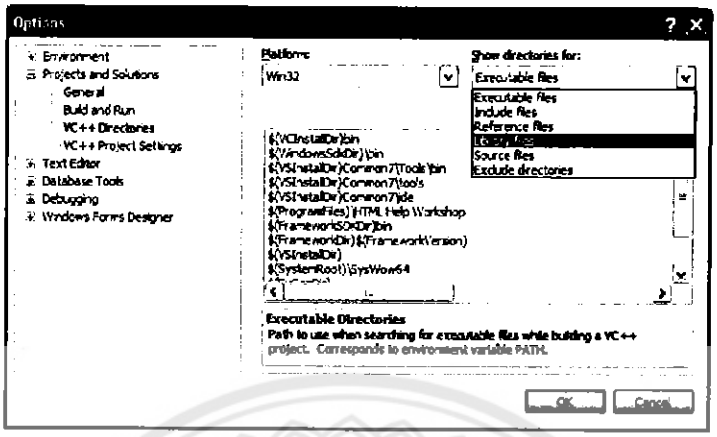
รูปที่ ก.6 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม

เลือกรายการที่ชื่อ VC++ Directories ซึ่งเป็น sub-entry ภายใต้ Project and Solutions ซึ่งอยู่ทางซ้ายมือของหน้าต่าง



รูปที่ ก.7 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม

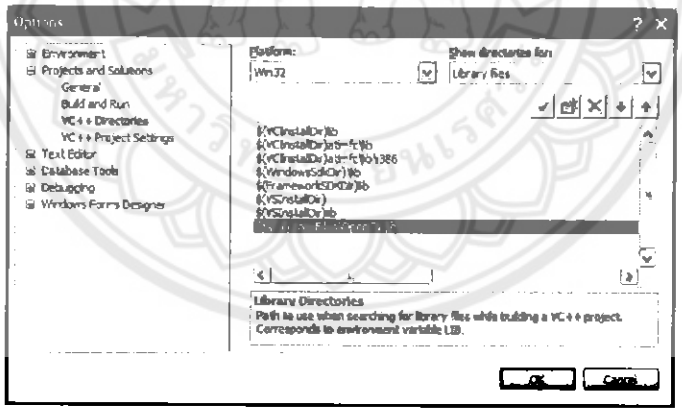
ในส่วนของ drop down list ที่ชื่อ Show directories for: ให้เลือกเป็น Library files



รูปที่ ก.8 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม

จากนั้นทำการเพิ่ม path ต่อไปนี้ที่รายการสุดท้าย

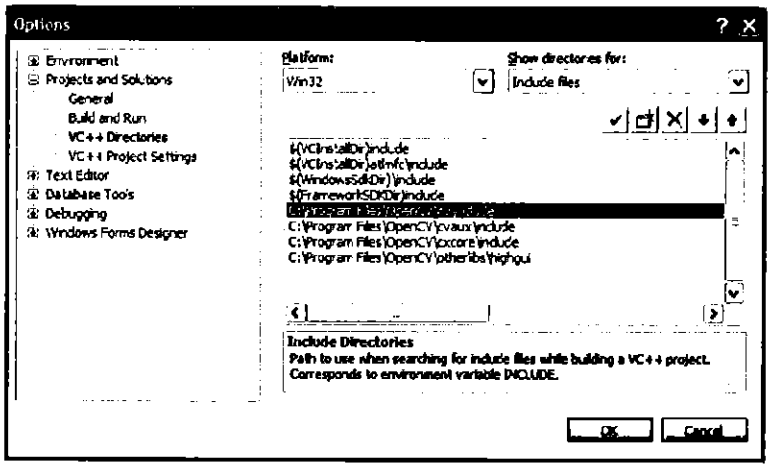
- C:\Program Files\OpenCV\lib



รูปที่ ก.9 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม

เมื่อเสร็จสิ้นการเพิ่ม path ของ library files แล้ว ให้เปลี่ยนหัวข้อของ Show directories for: เป็น Include files แล้วให้เพิ่ม path ต่อไปนี้ที่ข้างท้าย

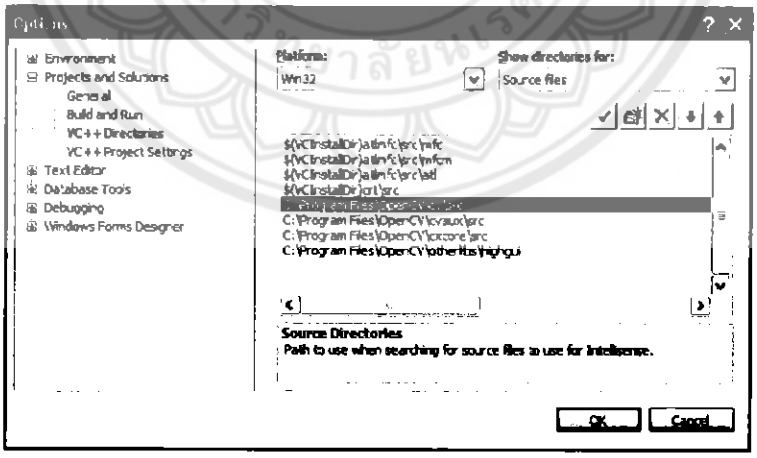
- C:\Program Files\OpenCV\cv\include
- C:\Program Files\OpenCV\cvaux\include
- C:\Program Files\OpenCV\cxcore\include
- C:\Program Files\OpenCV\otherlibs\highgui



รูปที่ ก.10 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม

จากนั้นให้เปลี่ยนหัวข้อของ Show directories for: เป็น Source files แล้วให้เพิ่ม path ต่อไปนี้ที่ข้างท้าย

- C:\Program Files\OpenCV\cv\src
- C:\Program Files\OpenCV\cvaux\src
- C:\Program Files\OpenCV\cxcore\src
- C:\Program Files\OpenCV\otherlibs\highgui



รูปที่ ก.11 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม

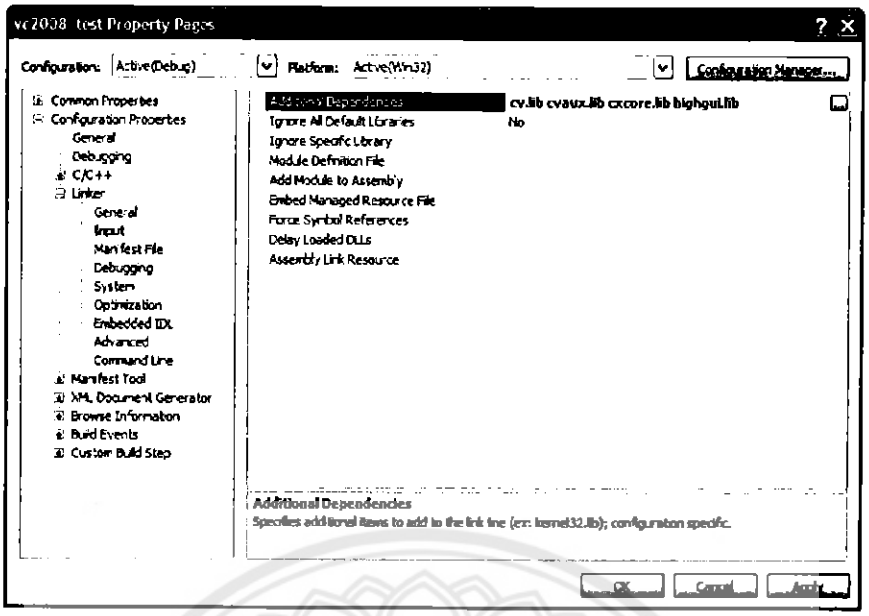
เมื่อเสร็จสิ้นการเพิ่ม path ข้างต้นทั้งหมดแล้ว ให้เลือก ปุ่ม OK เพื่อยืนยันการเพิ่มค่า

3 project ต่างๆ ที่ต้องการเรียกใช้งาน library ต้องเพิ่มรายการของ static library ของ OpenCV เข้าในส่วนของขั้นตอนการทำ linking เมื่อทำการ build executable file ซึ่งสามารถเพิ่มรายการของ library ดังกล่าวได้จาก properties dialog ของ project โดยเรียกผ่านจาก panel ที่ชื่อ solution explorer โดยให้ คลิกขวา ที่ชื่อ project แล้วเลือกคำสั่ง properties จาก list ที่ปรากฏขึ้นมา

รูปที่ ก.12 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม

ให้เปิด Configuration Properties->Linker->Input จากรายการที่อยู่ทางด้านซ้ายมือ แล้วทำการเพิ่มรายชื่อ library ต่อไปนี้ในช่อง Additional Dependecies แล้วทำการกดปุ่ม OK เพื่อยืนยันการตั้งค่าดังกล่าว

- cv.lib
- cvaux.lib
- cxcore.lib
- highgui.lib



รูปที่ ก.13 แสดงการตั้งค่าให้กับโปรแกรม

จากนั้นเมื่อทำการ build executable file จะได้โปรแกรมที่เรียกใช้งาน function ต่างๆ จาก OpenCV library ได้

ภาคผนวก ข.

ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ ข.1 ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยการเข้าระบบด้วยชื่อและใบหน้า

ลำดับ	ต้นแบบ	ผลที่ได้	ผล	เข้าระบบ
1	noom/1	noom	ถูก	ได้
2	noom/2	noom	ถูก	ได้
3	noom/3	noom	ถูก	ได้
4	noom/4	noom	ถูก	ได้
5	noom/5	noom	ถูก	ได้
6	man/1	man	ถูก	ได้
7	man/2	man	ถูก	ได้
8	man/3	man	ถูก	ได้
9	man/4	man	ถูก	ได้
10	man/5	man	ถูก	ได้
11	mic/1	mic	ถูก	ได้
12	mic/2	mic	ถูก	ได้
13	mic/3	man	ผิด	ไม่ได้
14	mic/4	mic	ถูก	ได้
15	mic/5	mic	ถูก	ได้
16	k/1	man	ผิด	ไม่ได้
17	k/2	k	ถูก	ได้
18	k/3	k	ถูก	ได้
19	k/4	k	ถูก	ได้
20	k/5	man	ผิด	ไม่ได้

ตารางที่ ข.1(ต่อ) ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยการเข้าระบบด้วยชื่อและใบหน้า

21	bank/1	bank	ถูก	ได้
22	bank/2	bank	ถูก	ได้
23	bank/3	bank	ถูก	ได้
24	bank/4	bank	ถูก	ได้
25	bank/5	bank	ถูก	ได้
26	max/1	max	ถูก	ได้
27	max/2	max	ถูก	ได้
28	max/3	max	ถูก	ได้
29	max/4	max	ถูก	ได้
30	max/5	noom	ผิด	ไม่ได้
31	kop/1	kop	ถูก	ได้
32	kop/2	bank	ผิด	ได้
33	kop/3	bank	ผิด	ได้
34	kop/4	kop	ถูก	ได้
35	kop/5	kop	ถูก	ได้
36	sine/1	sine	ถูก	ได้
37	sine/2	sine	ถูก	ได้
38	sine/3	sine	ถูก	ได้
39	sine/4	sine	ถูก	ได้
40	sine/5	sine	ถูก	ได้
41	lookpla/1	lookpla	ถูก	ได้
42	lookpla/2	lookpla	ถูก	ได้
43	lookpla/3	lookpla	ถูก	ได้
44	lookpla/4	lookpla	ถูก	ได้
45	lookpla/5	lookpla	ถูก	ได้
46	joy/1	joy	ถูก	ได้
47	joy/2	joy	ถูก	ได้

ตารางที่ ข.1(ต่อ) ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยการเข้าระบบด้วยชื่อและใบหน้า

48	joy/3	joy	ถูก	ได้
49	joy/4	joy	ถูก	ได้
50	joy/5	joy	ถูก	ได้
51	draft/1	draft	ถูก	ได้
52	draft/2	draft	ถูก	ได้
53	draft/3	draft	ถูก	ได้
54	draft/4	draft	ถูก	ได้
55	draft/5	draft	ถูก	ได้
56	sumo/1	tum	ผิด	ไม่ได้
57	sumo/2	k	ผิด	ไม่ได้
58	sumo/3	sumo	ถูก	ได้
59	sumo/4	k	ผิด	ไม่ได้
60	sumo/5	sumo	ถูก	ได้
61	tum/1	sumo	ผิด	ไม่ได้
62	tum/2	joy	ผิด	ไม่ได้
63	tum/3	tum	ถูก	ได้
64	tum/4	tum	ถูก	ได้
65	tum/5	joy	ผิด	ไม่ได้
66	beau/1	beau	ถูก	ได้
67	beau/2	beau	ถูก	ได้
68	beau/3	beau	ถูก	ได้
69	beau/4	beau	ถูก	ได้
70	beau/5	beau	ถูก	ได้
71	di/1	di	ถูก	ได้
72	di/2	di	ถูก	ได้
73	di/3	jeab	ผิด	ไม่ได้
74	di/4	jeab	ผิด	ได้

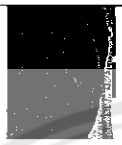
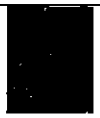
ตารางที่ ข.1(ต่อ) ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยการเข้าระบบด้วยชื่อและใบหน้า

75	di/5	jeab	ผิด	ไม่ได้
76	pex/1	pex	ถูก	ได้
77	pex/2	pex	ถูก	ได้
78	pex/3	pex	ถูก	ได้
79	pex/4	pex	ถูก	ได้
80	pex/5	pex	ถูก	ได้
81	jeab/1	jeab	ถูก	ได้
82	jeab/2	jeab	ถูก	ได้
83	jeab/3	jeab	ถูก	ได้
84	jeab/4	jeab	ถูก	ได้
85	jeab/5	jeab	ถูก	ได้
86	son/1	son	ถูก	ได้
87	son/2	son	ถูก	ได้
88	son/3	son	ถูก	ได้
89	son/4	son	ถูก	ได้
90	son/5	son	ถูก	ได้
91	nongkeng/1	man	ผิด	ไม่ได้
92	nongkeng/2	nongkeng	ถูก	ได้
93	nongkeng/3	nongkeng	ถูก	ได้
94	nongkeng/4	mic	ผิด	ไม่ได้
95	nongkeng/5	nongkeng	ถูก	ได้
96	keng/1	keng	ถูก	ได้
97	keng/2	beau	ผิด	ไม่ได้
98	keng/3	keng	ถูก	ได้
99	keng/4	beau	ผิด	ไม่ได้
100	keng/5	keng	ถูก	ได้
ถูกต้อง			81	
ผิด			19	

ตารางที่ ข.2 แสดงภาพระหว่างภาพต้นแบบและภาพที่ผิดพลาด

ลำดับ	ต้นแบบ	ผลที่ได้	ผล
13	mic/3	man	ผิด
16	k/1	man	ผิด
20	k/5	man	ผิด
30	max/5	noom	ผิด
32	kop/2	bank	ผิด
33	kop/3	bank	ผิด
56	sumo/1	tum	ผิด
57	sumo/2	k	ผิด
59	sumo/4	k	ผิด
61	tum/1	sumo	ผิด

ตารางที่ ข.2(ต่อ) แสดงภาพระหว่างภาพต้นแบบและภาพที่ผิดพลาด

62	tum/2	joy	ผิด
65	tum/5	joy	ผิด
73	 di/3	jeab	ผิด
74	di/4	jeab	ผิด
75	di/5	jeab	ผิด
91	nongkeng/1	man	ผิด
94	nongkeng/4	mic	ผิด
97	 keng/2	beau	ผิด
99	keng/4	beau	ผิด

ตารางที่ ข.3 ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยการเข้าระบบด้วยชื่อ รหัสผ่านและใบหน้า

ลำดับ	ต้นแบบ	ผลที่ได้	ผล	เข้าระบบ
1	noom/1	noom	ถูก	ได้
2	noom/2	noom	ถูก	ได้
3	noom/3	noom	ถูก	ได้
4	noom/4	noom	ถูก	ได้
5	noom/5	noom	ถูก	ได้
6	man/1	man	ถูก	ได้
7	man/2	man	ถูก	ได้
8	man/3	man	ถูก	ได้
9	man/4	man	ถูก	ได้
10	man/5	man	ถูก	ได้
11	mic/1	mic	ถูก	ได้
12	mic/2	mic	ถูก	ได้
13	mic/3	man	ผิด	ไม่ได้
14	mic/4	mic	ถูก	ได้
15	mic/5	mic	ถูก	ได้
16	k/1	man	ผิด	ไม่ได้
17	k/2	k	ถูก	ได้
18	k/3	k	ถูก	ได้
19	k/4	k	ถูก	ได้
20	k/5	man	ผิด	ไม่ได้
21	bank/1	bank	ถูก	ได้
22	bank/2	bank	ถูก	ได้
23	bank/3	bank	ถูก	ได้
24	bank/4	bank	ถูก	ได้

ตารางที่ ข.3(ต่อ) ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยการเข้าระบบด้วยชื่อ รหัสผ่านและใบหน้า

25	bank/5	bank	ถูก	ได้
26	max/1	max	ถูก	ได้
27	max/2	max	ถูก	ได้
28	max/3	max	ถูก	ได้
29	max/4	max	ถูก	ได้
30	max/5	noom	ผิด	ไม่ได้
31	kop/1	kop	ถูก	ได้
32	kop/2	bank	ผิด	ได้
33	kop/3	bank	ผิด	ได้
34	kop/4	kop	ถูก	ได้
35	kop/5	kop	ถูก	ได้
36	sine/1	sine	ถูก	ได้
37	sine/2	sine	ถูก	ได้
38	sine/3	sine	ถูก	ได้
39	sine/4	sine	ถูก	ได้
40	sine/5	sine	ถูก	ได้
41	lookpla/1	lookpla	ถูก	ได้
42	lookpla/2	lookpla	ถูก	ได้
43	lookpla/3	lookpla	ถูก	ได้
44	lookpla/4	lookpla	ถูก	ได้
45	lookpla/5	lookpla	ถูก	ได้
46	joy/1	joy	ถูก	ได้
47	joy/2	joy	ถูก	ได้
48	joy/3	joy	ถูก	ได้
49	joy/4	joy	ถูก	ได้
50	joy/5	joy	ถูก	ได้

ตารางที่ ข.3(ต่อ) ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยการเข้าระบบด้วยชื่อ รหัสผ่านและใบหน้า

51	draft/1	draft	ถูก	ได้
52	draft/2	draft	ถูก	ได้
53	draft/3	draft	ถูก	ได้
54	draft/4	draft	ถูก	ได้
55	draft/5	draft	ถูก	ได้
56	sumo/1	tum	ผิด	ไม่ได้
57	sumo/2	k	ผิด	ไม่ได้
58	sumo/3	sumo	ถูก	ได้
59	sumo/4	k	ผิด	ไม่ได้
60	sumo/5	sumo	ถูก	ได้
61	tum/1	sumo	ผิด	ไม่ได้
62	tum/2	joy	ผิด	ไม่ได้
63	tum/3	tum	ถูก	ได้
64	tum/4	tum	ถูก	ได้
65	tum/5	joy	ผิด	ไม่ได้
66	beau/1	beau	ถูก	ได้
67	beau/2	beau	ถูก	ได้
68	beau/3	beau	ถูก	ได้
69	beau/4	beau	ถูก	ได้
70	beau/5	beau	ถูก	ได้
71	di/1	di	ถูก	ได้
72	di/2	di	ถูก	ได้
73	di/3	jeab	ผิด	ไม่ได้
74	di/4	jeab	ผิด	ได้
75	di/5	jeab	ผิด	ไม่ได้
76	pex/1	pex	ถูก	ได้

ตารางที่ ข.3(ต่อ) ผลการเปรียบเทียบใบหน้าภายในเครื่องโดยการเข้าระบบด้วยชื่อ รหัสผ่านและใบหน้า

77	pex/2	pex	ถูก	ได้
78	pex/3	pex	ถูก	ได้
79	pex/4	pex	ถูก	ได้
80	pex/5	pex	ถูก	ได้
81	jeab/1	jeab	ถูก	ได้
82	jeab/2	jeab	ถูก	ได้
83	jeab/3	jeab	ถูก	ได้
84	jeab/4	jeab	ถูก	ได้
85	jeab/5	jeab	ถูก	ได้
86	son/1	son	ถูก	ได้
87	son/2	son	ถูก	ได้
88	son/3	son	ถูก	ได้
89	son/4	son	ถูก	ได้
90	son/5	son	ถูก	ได้
91	nongkeng/1	man	ผิด	ไม่ได้
92	nongkeng/2	nongkeng	ถูก	ได้
93	nongkeng/3	nongkeng	ถูก	ได้
94	nongkeng/4	mic	ผิด	ไม่ได้
95	nongkeng/5	nongkeng	ถูก	ได้
96	keng/1	keng	ถูก	ได้
97	keng/2	beau	ผิด	ไม่ได้
98	keng/3	keng	ถูก	ได้
99	keng/4	beau	ผิด	ไม่ได้
100	keng/5	keng	ถูก	ได้
ถูกต้อง			81	
ผิด			19	

ผลจากการให้ผู้ทดสอบทำการลงทะเบียนภายในห้องที่มีแสงไฟปกติ จากนั้นให้ผู้ทดสอบทำการทดลองเข้าระบบจากที่ต่างๆกัน ดังนี้

ตารางที่ ข.4 ผลการทดสอบการเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย จากฐานข้อมูลแสงไฟปกติ

เข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย					
1	mic	เข้าระบบไม่ได้	21	kok	เข้าระบบได้
2	mic	เข้าระบบไม่ได้	22	kok	เข้าระบบได้
3	mic	เข้าระบบไม่ได้	23	kok	เข้าระบบได้
4	mic	เข้าระบบไม่ได้	24	kok	เข้าระบบได้
5	mic	เข้าระบบไม่ได้	25	kok	เข้าระบบได้
6	mic	เข้าระบบไม่ได้	26	kok	เข้าระบบได้
7	mic	เข้าระบบไม่ได้	27	kok	เข้าระบบได้
8	mic	เข้าระบบไม่ได้	28	kok	เข้าระบบได้
9	mic	เข้าระบบไม่ได้	29	kok	เข้าระบบได้
10	mic	เข้าระบบไม่ได้	30	kok	เข้าระบบได้
11	noom	เข้าระบบไม่ได้	31	kim	เข้าระบบไม่ได้
12	noom	เข้าระบบไม่ได้	32	kim	เข้าระบบไม่ได้
13	noom	เข้าระบบไม่ได้	33	kim	เข้าระบบไม่ได้
14	noom	เข้าระบบไม่ได้	34	kim	เข้าระบบไม่ได้
15	noom	เข้าระบบไม่ได้	35	kim	เข้าระบบไม่ได้
16	noom	เข้าระบบไม่ได้	36	kim	เข้าระบบไม่ได้
17	noom	เข้าระบบไม่ได้	37	kim	เข้าระบบไม่ได้
18	noom	เข้าระบบไม่ได้	38	kim	เข้าระบบไม่ได้
19	noom	เข้าระบบไม่ได้	39	kim	เข้าระบบไม่ได้
20	noom	เข้าระบบไม่ได้	40	kim	เข้าระบบไม่ได้
ความถูกต้อง					10

จากผลการทดสอบเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่ายพบว่า สามารถเข้าระบบได้เพียง 10 ครั้งเท่านั้น คิดเป็น 25%

ตารางที่ ข.5 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมาก จากฐานข้อมูลแสงไฟปกติ

เข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟมาก					
1	mic	เข้าระบบไม่ได้	21	kok	เข้าระบบได้
2	mic	เข้าระบบไม่ได้	22	kok	เข้าระบบได้
3	mic	เข้าระบบไม่ได้	23	kok	เข้าระบบได้
4	mic	เข้าระบบไม่ได้	24	kok	เข้าระบบได้
5	mic	เข้าระบบไม่ได้	25	kok	เข้าระบบได้
6	mic	เข้าระบบไม่ได้	26	kok	เข้าระบบได้
7	mic	เข้าระบบไม่ได้	27	kok	เข้าระบบได้
8	mic	เข้าระบบไม่ได้	28	kok	เข้าระบบไม่ได้
9	mic	เข้าระบบไม่ได้	29	kok	เข้าระบบได้
10	mic	เข้าระบบไม่ได้	30	kok	เข้าระบบได้
11	noom	เข้าระบบไม่ได้	31	kim	เข้าระบบได้
12	noom	เข้าระบบไม่ได้	32	kim	เข้าระบบไม่ได้
13	noom	เข้าระบบไม่ได้	33	kim	เข้าระบบได้
14	noom	เข้าระบบไม่ได้	34	kim	เข้าระบบได้
15	noom	เข้าระบบไม่ได้	35	kim	เข้าระบบไม่ได้
16	noom	เข้าระบบไม่ได้	36	kim	เข้าระบบได้
17	noom	เข้าระบบไม่ได้	37	kim	เข้าระบบได้
18	noom	เข้าระบบไม่ได้	38	kim	เข้าระบบได้
19	noom	เข้าระบบไม่ได้	39	kim	เข้าระบบได้
20	noom	เข้าระบบไม่ได้	40	kim	เข้าระบบได้
ความถูกต้อง					17

จากผลการทดสอบเข้าระบบในห้องที่มีแสงสว่างมากพบว่า สามารถเข้าระบบได้เพียง 17 ครั้งเท่านั้น คิดเป็น 42.5%

ตารางที่ ข.6 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติ จากฐานข้อมูลแสงไฟปกติ

เข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติ					
1	mic	เข้าระบบได้	21	kok	เข้าระบบได้
2	mic	เข้าระบบได้	22	kok	เข้าระบบได้
3	mic	เข้าระบบได้	23	kok	เข้าระบบได้
4	mic	เข้าระบบได้	24	kok	เข้าระบบไม่ได้
5	mic	เข้าระบบไม่ได้	25	kok	เข้าระบบได้
6	mic	เข้าระบบไม่ได้	26	kok	เข้าระบบได้
7	mic	เข้าระบบได้	27	kok	เข้าระบบได้
8	mic	เข้าระบบไม่ได้	28	kok	เข้าระบบได้
9	mic	เข้าระบบได้	29	kok	เข้าระบบไม่ได้
10	mic	เข้าระบบได้	30	kok	เข้าระบบไม่ได้
11	noom	เข้าระบบได้	31	kim	เข้าระบบได้
12	noom	เข้าระบบได้	32	kim	เข้าระบบได้
13	noom	เข้าระบบได้	33	kim	เข้าระบบได้
14	noom	เข้าระบบได้	34	kim	เข้าระบบได้
15	noom	เข้าระบบได้	35	kim	เข้าระบบได้
16	noom	เข้าระบบได้	36	kim	เข้าระบบได้
17	noom	เข้าระบบได้	37	kim	เข้าระบบได้
18	noom	เข้าระบบได้	38	kim	เข้าระบบได้
19	noom	เข้าระบบได้	39	kim	เข้าระบบได้
20	noom	เข้าระบบได้	40	kim	เข้าระบบได้
ความถูกต้อง					34

จากผลการทดสอบเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 34 ครั้ง คิดเป็น 85%

ตารางที่ ข.7 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติ จากฐานข้อมูลแสงไฟปกติ

เข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติ					
1	mic	เข้าระบบไม่ได้	21	kok	เข้าระบบได้
2	mic	เข้าระบบได้	22	kok	เข้าระบบได้
3	mic	เข้าระบบได้	23	kok	เข้าระบบได้
4	mic	เข้าระบบไม่ได้	24	kok	เข้าระบบได้
5	mic	เข้าระบบได้	25	kok	เข้าระบบได้
6	mic	เข้าระบบได้	26	kok	เข้าระบบได้
7	mic	เข้าระบบได้	27	kok	เข้าระบบได้
8	mic	เข้าระบบได้	28	kok	เข้าระบบได้
9	mic	เข้าระบบได้	29	kok	เข้าระบบได้
10	mic	เข้าระบบได้	30	kok	เข้าระบบได้
11	noom	เข้าระบบได้	31	kim	เข้าระบบไม่ได้
12	noom	เข้าระบบได้	32	kim	เข้าระบบได้
13	noom	เข้าระบบได้	33	kim	เข้าระบบได้
14	noom	เข้าระบบได้	34	kim	เข้าระบบได้
15	noom	เข้าระบบได้	35	kim	เข้าระบบได้
16	noom	เข้าระบบได้	36	kim	เข้าระบบได้
17	noom	เข้าระบบได้	37	kim	เข้าระบบได้
18	noom	เข้าระบบได้	38	kim	เข้าระบบได้
19	noom	เข้าระบบได้	39	kim	เข้าระบบได้
20	noom	เข้าระบบได้	40	kim	เข้าระบบได้
ความถูกต้อง					37

จากผลการทดสอบเข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 37 ครั้ง คิดเป็น 92.5%

ผลจากการให้ผู้ทดสอบทำการลงทะเบียนในแสงธรรมชาติตอนบ่าย จากนั้นให้ผู้ทดสอบทำการทดลองเข้าระบบจากที่ต่างๆกัน ดังนี้

ตารางที่ ข.8 ผลการทดสอบการเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย จากฐานข้อมูลแสงธรรมชาติตอนบ่าย

เข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย					
1	mic	เข้าระบบได้	21	kok	เข้าระบบได้
2	mic	เข้าระบบได้	22	kok	เข้าระบบไม่ได้
3	mic	เข้าระบบได้	23	kok	เข้าระบบได้
4	mic	เข้าระบบได้	24	kok	เข้าระบบได้
5	mic	เข้าระบบได้	25	kok	เข้าระบบได้
6	mic	เข้าระบบได้	26	kok	เข้าระบบได้
7	mic	เข้าระบบได้	27	kok	เข้าระบบไม่ได้
8	mic	เข้าระบบได้	28	kok	เข้าระบบได้
9	mic	เข้าระบบได้	29	kok	เข้าระบบไม่ได้
10	mic	เข้าระบบได้	30	kok	เข้าระบบไม่ได้
11	noom	เข้าระบบได้	31	kim	เข้าระบบได้
12	noom	เข้าระบบได้	32	kim	เข้าระบบได้
13	noom	เข้าระบบได้	33	kim	เข้าระบบได้
14	noom	เข้าระบบได้	34	kim	เข้าระบบได้
15	noom	เข้าระบบได้	35	kim	เข้าระบบได้
16	noom	เข้าระบบได้	36	kim	เข้าระบบได้
17	noom	เข้าระบบได้	37	kim	เข้าระบบได้
18	noom	เข้าระบบได้	38	kim	เข้าระบบได้
19	noom	เข้าระบบได้	39	kim	เข้าระบบได้
20	noom	เข้าระบบได้	40	kim	เข้าระบบได้
ความถูกต้อง					36

จากผลการทดสอบเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่ายพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 36 ครั้ง คิดเป็น 90%

ตารางที่ ข.9 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมาก จากฐานข้อมูลแสงธรรมชาติตอนบ่าย

เข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมาก					
1	mic	เข้าระบบไม่ได้	21	kok	เข้าระบบไม่ได้
2	mic	เข้าระบบไม่ได้	22	kok	เข้าระบบไม่ได้
3	mic	เข้าระบบไม่ได้	23	kok	เข้าระบบไม่ได้
4	mic	เข้าระบบไม่ได้	24	kok	เข้าระบบไม่ได้
5	mic	เข้าระบบไม่ได้	25	kok	เข้าระบบไม่ได้
6	mic	เข้าระบบไม่ได้	26	kok	เข้าระบบไม่ได้
7	mic	เข้าระบบไม่ได้	27	kok	เข้าระบบไม่ได้
8	mic	เข้าระบบไม่ได้	28	kok	เข้าระบบไม่ได้
9	mic	เข้าระบบไม่ได้	29	kok	เข้าระบบไม่ได้
10	mic	เข้าระบบไม่ได้	30	kok	เข้าระบบไม่ได้
11	noom	เข้าระบบไม่ได้	31	kim	เข้าระบบได้
12	noom	เข้าระบบไม่ได้	32	kim	เข้าระบบได้
13	noom	เข้าระบบไม่ได้	33	kim	เข้าระบบได้
14	noom	เข้าระบบไม่ได้	34	kim	เข้าระบบได้
15	noom	เข้าระบบไม่ได้	35	kim	เข้าระบบไม่ได้
16	noom	เข้าระบบไม่ได้	36	kim	เข้าระบบได้
17	noom	เข้าระบบไม่ได้	37	kim	เข้าระบบได้
18	noom	เข้าระบบไม่ได้	38	kim	เข้าระบบได้
19	noom	เข้าระบบไม่ได้	39	kim	เข้าระบบได้
20	noom	เข้าระบบไม่ได้	40	kim	เข้าระบบได้
ความถูกต้อง					9

จากผลการทดสอบเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมากพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 9 ครั้ง คิดเป็น 22.5%

ตารางที่ ข.10 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติ จากฐานข้อมูลแสงธรรมชาติตอนบ่าย

เข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติ					
1	mic	เข้าระบบไม่ได้	21	kok	เข้าระบบไม่ได้
2	mic	เข้าระบบไม่ได้	22	kok	เข้าระบบไม่ได้
3	mic	เข้าระบบไม่ได้	23	kok	เข้าระบบไม่ได้
4	mic	เข้าระบบไม่ได้	24	kok	เข้าระบบไม่ได้
5	mic	เข้าระบบไม่ได้	25	kok	เข้าระบบไม่ได้
6	mic	เข้าระบบไม่ได้	26	kok	เข้าระบบไม่ได้
7	mic	เข้าระบบไม่ได้	27	kok	เข้าระบบไม่ได้
8	mic	เข้าระบบไม่ได้	28	kok	เข้าระบบไม่ได้
9	mic	เข้าระบบไม่ได้	29	kok	เข้าระบบไม่ได้
10	mic	เข้าระบบไม่ได้	30	kok	เข้าระบบไม่ได้
11	noom	เข้าระบบไม่ได้	31	kim	เข้าระบบได้
12	noom	เข้าระบบไม่ได้	32	kim	เข้าระบบได้
13	noom	เข้าระบบไม่ได้	33	kim	เข้าระบบได้
14	noom	เข้าระบบไม่ได้	34	kim	เข้าระบบได้
15	noom	เข้าระบบไม่ได้	35	kim	เข้าระบบได้
16	noom	เข้าระบบไม่ได้	36	kim	เข้าระบบได้
17	noom	เข้าระบบไม่ได้	37	kim	เข้าระบบได้
18	noom	เข้าระบบไม่ได้	38	kim	เข้าระบบได้
19	noom	เข้าระบบไม่ได้	39	kim	เข้าระบบได้
20	noom	เข้าระบบไม่ได้	40	kim	เข้าระบบได้
ความถูกต้อง					10

จากผลการทดสอบเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 10 ครั้ง คิดเป็น 25%

ตารางที่ ข.11 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติ จากฐานข้อมูลแสงธรรมชาติตอนบ่าย

เข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติ					
1	mic	เข้าระบบไม่ได้	21	kok	เข้าระบบไม่ได้
2	mic	เข้าระบบไม่ได้	22	kok	เข้าระบบไม่ได้
3	mic	เข้าระบบไม่ได้	23	kok	เข้าระบบไม่ได้
4	mic	เข้าระบบไม่ได้	24	kok	เข้าระบบไม่ได้
5	mic	เข้าระบบไม่ได้	25	kok	เข้าระบบไม่ได้
6	mic	เข้าระบบไม่ได้	26	kok	เข้าระบบไม่ได้
7	mic	เข้าระบบไม่ได้	27	kok	เข้าระบบไม่ได้
8	mic	เข้าระบบไม่ได้	28	kok	เข้าระบบไม่ได้
9	mic	เข้าระบบไม่ได้	29	kok	เข้าระบบไม่ได้
10	mic	เข้าระบบไม่ได้	30	kok	เข้าระบบไม่ได้
11	noom	เข้าระบบไม่ได้	31	kim	เข้าระบบได้
12	noom	เข้าระบบไม่ได้	32	kim	เข้าระบบได้
13	noom	เข้าระบบไม่ได้	33	kim	เข้าระบบได้
14	noom	เข้าระบบไม่ได้	34	kim	เข้าระบบได้
15	noom	เข้าระบบไม่ได้	35	kim	เข้าระบบได้
16	noom	เข้าระบบไม่ได้	36	kim	เข้าระบบได้
17	noom	เข้าระบบไม่ได้	37	kim	เข้าระบบได้
18	noom	เข้าระบบไม่ได้	38	kim	เข้าระบบได้
19	noom	เข้าระบบไม่ได้	39	kim	เข้าระบบได้
20	noom	เข้าระบบไม่ได้	40	kim	เข้าระบบได้
ความถูกต้อง					10

จากผลการทดสอบเข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 10 ครั้ง คิดเป็น 25%

ผลจากการให้ผู้ทดสอบทำการลงทะเบียนในห้องที่มีแสงสว่างมาก จากนั้นให้ผู้ทดสอบทำการทดลองเข้าระบบจากที่ต่างๆกัน ดังนี้

ตารางที่ ข.12 ผลการทดสอบการเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย จากฐานข้อมูลแสงสว่างมาก

เข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย					
1	mic	เข้าระบบได้	21	kok	เข้าระบบไม่ได้
2	mic	เข้าระบบไม่ได้	22	kok	เข้าระบบไม่ได้
3	mic	เข้าระบบไม่ได้	23	kok	เข้าระบบไม่ได้
4	mic	เข้าระบบไม่ได้	24	kok	เข้าระบบไม่ได้
5	mic	เข้าระบบไม่ได้	25	kok	เข้าระบบไม่ได้
6	mic	เข้าระบบไม่ได้	26	kok	เข้าระบบไม่ได้
7	mic	เข้าระบบไม่ได้	27	kok	เข้าระบบไม่ได้
8	mic	เข้าระบบไม่ได้	28	kok	เข้าระบบไม่ได้
9	mic	เข้าระบบไม่ได้	29	kok	เข้าระบบไม่ได้
10	mic	เข้าระบบไม่ได้	30	kok	เข้าระบบไม่ได้
11	noom	เข้าระบบไม่ได้	31	kim	เข้าระบบได้
12	noom	เข้าระบบไม่ได้	32	kim	เข้าระบบได้
13	noom	เข้าระบบไม่ได้	33	kim	เข้าระบบได้
14	noom	เข้าระบบไม่ได้	34	kim	เข้าระบบได้
15	noom	เข้าระบบไม่ได้	35	kim	เข้าระบบได้
16	noom	เข้าระบบไม่ได้	36	kim	เข้าระบบได้
17	noom	เข้าระบบไม่ได้	37	kim	เข้าระบบได้
18	noom	เข้าระบบไม่ได้	38	kim	เข้าระบบได้
19	noom	เข้าระบบไม่ได้	39	kim	เข้าระบบได้
20	noom	เข้าระบบไม่ได้	40	kim	เข้าระบบได้
ความถูกต้อง					11

จากผลการทดสอบเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่ายพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 11 ครั้ง คิดเป็น 27.5%

ตารางที่ ข.13 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมาก จากฐานข้อมูลแสงสว่างมาก

เข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมาก					
1	mic	เข้าระบบได้	21	kok	เข้าระบบได้
2	mic	เข้าระบบได้	22	kok	เข้าระบบได้
3	mic	เข้าระบบได้	23	kok	เข้าระบบได้
4	mic	เข้าระบบได้	24	kok	เข้าระบบได้
5	mic	เข้าระบบได้	25	kok	เข้าระบบได้
6	mic	เข้าระบบไม่ได้	26	kok	เข้าระบบไม่ได้
7	mic	เข้าระบบได้	27	kok	เข้าระบบได้
8	mic	เข้าระบบได้	28	kok	เข้าระบบได้
9	mic	เข้าระบบได้	29	kok	เข้าระบบได้
10	mic	เข้าระบบได้	30	kok	เข้าระบบได้
11	noom	เข้าระบบได้	31	kim	เข้าระบบได้
12	noom	เข้าระบบได้	32	kim	เข้าระบบไม่ได้
13	noom	เข้าระบบได้	33	kim	เข้าระบบได้
14	noom	เข้าระบบได้	34	kim	เข้าระบบไม่ได้
15	noom	เข้าระบบได้	35	kim	เข้าระบบไม่ได้
16	noom	เข้าระบบได้	36	kim	เข้าระบบไม่ได้
17	noom	เข้าระบบได้	37	kim	เข้าระบบได้
18	noom	เข้าระบบได้	38	kim	เข้าระบบได้
19	noom	เข้าระบบได้	39	kim	เข้าระบบได้
20	noom	เข้าระบบได้	40	kim	เข้าระบบได้
ความถูกต้อง					33

จากผลการทดสอบเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมากพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 33 ครั้ง คิดเป็น 82.5%

ตารางที่ ข.14 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติ จากฐานข้อมูลแสงสว่างมาก

เข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติ					
1	mic	เข้าระบบไม่ได้	21	kok	เข้าระบบได้
2	mic	เข้าระบบไม่ได้	22	kok	เข้าระบบไม่ได้
3	mic	เข้าระบบไม่ได้	23	kok	เข้าระบบไม่ได้
4	mic	เข้าระบบไม่ได้	24	kok	เข้าระบบไม่ได้
5	mic	เข้าระบบไม่ได้	25	kok	เข้าระบบได้
6	mic	เข้าระบบไม่ได้	26	kok	เข้าระบบได้
7	mic	เข้าระบบไม่ได้	27	kok	เข้าระบบไม่ได้
8	mic	เข้าระบบไม่ได้	28	kok	เข้าระบบไม่ได้
9	mic	เข้าระบบไม่ได้	29	kok	เข้าระบบได้
10	mic	เข้าระบบไม่ได้	30	kok	เข้าระบบได้
11	noom	เข้าระบบได้	31	kim	เข้าระบบไม่ได้
12	noom	เข้าระบบได้	32	kim	เข้าระบบไม่ได้
13	noom	เข้าระบบได้	33	kim	เข้าระบบไม่ได้
14	noom	เข้าระบบได้	34	kim	เข้าระบบไม่ได้
15	noom	เข้าระบบได้	35	kim	เข้าระบบไม่ได้
16	noom	เข้าระบบได้	36	kim	เข้าระบบไม่ได้
17	noom	เข้าระบบได้	37	kim	เข้าระบบไม่ได้
18	noom	เข้าระบบได้	38	kim	เข้าระบบไม่ได้
19	noom	เข้าระบบได้	39	kim	เข้าระบบไม่ได้
20	noom	เข้าระบบได้	40	kim	เข้าระบบไม่ได้
ความถูกต้อง					15

จากผลการทดสอบเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 15 ครั้ง คิดเป็น 37.5%

ตารางที่ ข.15 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติ จากฐานข้อมูลแสงสว่างมาก

เข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติ					
1	mic	เข้าระบบไม่ได้	21	kok	เข้าระบบได้
2	mic	เข้าระบบไม่ได้	22	kok	เข้าระบบได้
3	mic	เข้าระบบไม่ได้	23	kok	เข้าระบบได้
4	mic	เข้าระบบไม่ได้	24	kok	เข้าระบบได้
5	mic	เข้าระบบไม่ได้	25	kok	เข้าระบบไม่ได้
6	mic	เข้าระบบไม่ได้	26	kok	เข้าระบบได้
7	mic	เข้าระบบไม่ได้	27	kok	เข้าระบบได้
8	mic	เข้าระบบไม่ได้	28	kok	เข้าระบบได้
9	mic	เข้าระบบไม่ได้	29	kok	เข้าระบบได้
10	mic	เข้าระบบไม่ได้	30	kok	เข้าระบบได้
11	noom	เข้าระบบได้	31	kim	เข้าระบบไม่ได้
12	noom	เข้าระบบได้	32	kim	เข้าระบบไม่ได้
13	noom	เข้าระบบได้	33	kim	เข้าระบบไม่ได้
14	noom	เข้าระบบได้	34	kim	เข้าระบบไม่ได้
15	noom	เข้าระบบได้	35	kim	เข้าระบบไม่ได้
16	noom	เข้าระบบได้	36	kim	เข้าระบบไม่ได้
17	noom	เข้าระบบได้	37	kim	เข้าระบบไม่ได้
18	noom	เข้าระบบได้	38	kim	เข้าระบบไม่ได้
19	noom	เข้าระบบได้	39	kim	เข้าระบบไม่ได้
20	noom	เข้าระบบได้	40	kim	เข้าระบบไม่ได้
ความถูกต้อง					19

จากผลการทดสอบเข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 19 ครั้ง คิดเป็น 47.5%

ผลจากการให้ผู้ทดสอบทำการลงทะเบียนในห้องที่มีแสงปกติ จากนั้นให้ผู้ทดสอบทำการทดลองเข้าระบบจากที่ต่างๆกัน ดังนี้

ตารางที่ ข.16 ผลการทดสอบการเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย จากฐานข้อมูลแสงปกติ

เข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่าย					
1	mic	เข้าระบบไม่ได้	21	kok	เข้าระบบได้
2	mic	เข้าระบบไม่ได้	22	kok	เข้าระบบได้
3	mic	เข้าระบบไม่ได้	23	kok	เข้าระบบได้
4	mic	เข้าระบบไม่ได้	24	kok	เข้าระบบได้
5	mic	เข้าระบบไม่ได้	25	kok	เข้าระบบได้
6	mic	เข้าระบบไม่ได้	26	kok	เข้าระบบได้
7	mic	เข้าระบบไม่ได้	27	kok	เข้าระบบได้
8	mic	เข้าระบบไม่ได้	28	kok	เข้าระบบได้
9	mic	เข้าระบบไม่ได้	29	kok	เข้าระบบได้
10	mic	เข้าระบบไม่ได้	30	kok	เข้าระบบได้
11	noom	เข้าระบบไม่ได้	31	kim	เข้าระบบไม่ได้
12	noom	เข้าระบบไม่ได้	32	kim	เข้าระบบไม่ได้
13	noom	เข้าระบบไม่ได้	33	kim	เข้าระบบไม่ได้
14	noom	เข้าระบบไม่ได้	34	kim	เข้าระบบไม่ได้
15	noom	เข้าระบบไม่ได้	35	kim	เข้าระบบไม่ได้
16	noom	เข้าระบบไม่ได้	36	kim	เข้าระบบไม่ได้
17	noom	เข้าระบบไม่ได้	37	kim	เข้าระบบไม่ได้
18	noom	เข้าระบบไม่ได้	38	kim	เข้าระบบไม่ได้
19	noom	เข้าระบบไม่ได้	39	kim	เข้าระบบไม่ได้
20	noom	เข้าระบบไม่ได้	40	kim	เข้าระบบไม่ได้
ความถูกต้อง					10

จากผลการทดสอบเข้าระบบในแสงธรรมชาติตอนบ่ายพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 10 ครั้ง คิดเป็น 25%

ตารางที่ ข.17 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมาก จากฐานข้อมูลแสงปกติ

เข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมาก					
1	mic	เข้าระบบไม่ได้	21	kok	เข้าระบบไม่ได้
2	mic	เข้าระบบไม่ได้	22	kok	เข้าระบบไม่ได้
3	mic	เข้าระบบไม่ได้	23	kok	เข้าระบบได้
4	mic	เข้าระบบไม่ได้	24	kok	เข้าระบบได้
5	mic	เข้าระบบไม่ได้	25	kok	เข้าระบบได้
6	mic	เข้าระบบไม่ได้	26	kok	เข้าระบบได้
7	mic	เข้าระบบไม่ได้	27	kok	เข้าระบบได้
8	mic	เข้าระบบไม่ได้	28	kok	เข้าระบบได้
9	mic	เข้าระบบไม่ได้	29	kok	เข้าระบบไม่ได้
10	mic	เข้าระบบไม่ได้	30	kok	เข้าระบบได้
11	noom	เข้าระบบไม่ได้	31	kim	เข้าระบบได้
12	noom	เข้าระบบไม่ได้	32	kim	เข้าระบบไม่ได้
13	noom	เข้าระบบไม่ได้	33	kim	เข้าระบบได้
14	noom	เข้าระบบไม่ได้	34	kim	เข้าระบบไม่ได้
15	noom	เข้าระบบไม่ได้	35	kim	เข้าระบบไม่ได้
16	noom	เข้าระบบไม่ได้	36	kim	เข้าระบบได้
17	noom	เข้าระบบไม่ได้	37	kim	เข้าระบบไม่ได้
18	noom	เข้าระบบไม่ได้	38	kim	เข้าระบบได้
19	noom	เข้าระบบไม่ได้	39	kim	เข้าระบบได้
20	noom	เข้าระบบไม่ได้	40	kim	เข้าระบบได้
ความถูกต้อง					13

จากผลการทดสอบเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟสว่างมากพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 13 ครั้ง คิดเป็น 32.5%

ตารางที่ ข.18 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติ จากฐานข้อมูลแสงปกติ

เข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติ					
1	mic	เข้าระบบได้	21	kok	เข้าระบบไม่ได้
2	mic	เข้าระบบได้	22	kok	เข้าระบบไม่ได้
3	mic	เข้าระบบได้	23	kok	เข้าระบบไม่ได้
4	mic	เข้าระบบได้	24	kok	เข้าระบบไม่ได้
5	mic	เข้าระบบได้	25	kok	เข้าระบบได้
6	mic	เข้าระบบได้	26	kok	เข้าระบบได้
7	mic	เข้าระบบไม่ได้	27	kok	เข้าระบบได้
8	mic	เข้าระบบไม่ได้	28	kok	เข้าระบบได้
9	mic	เข้าระบบได้	29	kok	เข้าระบบได้
10	mic	เข้าระบบได้	30	kok	เข้าระบบได้
11	noom	เข้าระบบได้	31	kim	เข้าระบบได้
12	noom	เข้าระบบได้	32	kim	เข้าระบบได้
13	noom	เข้าระบบได้	33	kim	เข้าระบบได้
14	noom	เข้าระบบได้	34	kim	เข้าระบบได้
15	noom	เข้าระบบได้	35	kim	เข้าระบบได้
16	noom	เข้าระบบได้	36	kim	เข้าระบบได้
17	noom	เข้าระบบได้	37	kim	เข้าระบบได้
18	noom	เข้าระบบได้	38	kim	เข้าระบบได้
19	noom	เข้าระบบได้	39	kim	เข้าระบบได้
20	noom	เข้าระบบได้	40	kim	เข้าระบบได้
ความถูกต้อง					34

จากผลการทดสอบเข้าระบบในห้องที่มีแสงไฟปกติพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 34 ครั้ง คิดเป็น 85%

ตารางที่ ข.19 ผลการทดสอบการเข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติ จากฐานข้อมูลแสงปกติ

เข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติ					
1	mic	เข้าระบบได้	21	kok	เข้าระบบไม่ได้
2	mic	เข้าระบบได้	22	kok	เข้าระบบได้
3	mic	เข้าระบบได้	23	kok	เข้าระบบได้
4	mic	เข้าระบบได้	24	kok	เข้าระบบไม่ได้
5	mic	เข้าระบบได้	25	kok	เข้าระบบไม่ได้
6	mic	เข้าระบบได้	26	kok	เข้าระบบได้
7	mic	เข้าระบบได้	27	kok	เข้าระบบได้
8	mic	เข้าระบบได้	28	kok	เข้าระบบได้
9	mic	เข้าระบบได้	29	kok	เข้าระบบได้
10	mic	เข้าระบบได้	30	kok	เข้าระบบได้
11	noom	เข้าระบบได้	31	kim	เข้าระบบได้
12	noom	เข้าระบบได้	32	kim	เข้าระบบได้
13	noom	เข้าระบบได้	33	kim	เข้าระบบได้
14	noom	เข้าระบบได้	34	kim	เข้าระบบได้
15	noom	เข้าระบบได้	35	kim	เข้าระบบได้
16	noom	เข้าระบบได้	36	kim	เข้าระบบได้
17	noom	เข้าระบบได้	37	kim	เข้าระบบได้
18	noom	เข้าระบบได้	38	kim	เข้าระบบได้
19	noom	เข้าระบบได้	39	kim	เข้าระบบได้
20	noom	เข้าระบบได้	40	kim	เข้าระบบได้
ความถูกต้อง					37

จากผลการทดสอบเข้าระบบในห้องที่มีแสงปกติพบว่า สามารถเข้าระบบได้ 37 ครั้ง คิดเป็น 92.5%

เอกสารอ้างอิง

[1] สิริพร จิตต์เจริญธรรม, เสาวภา ปานจันทร์ และ เลอศักดิ์ ลิ้มวิวัฒน์กุล. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการพิสูจน์ตัวตน.** 28 เมษายน 2547. Available from: URL: http://www.thaicert.nectec.or.th/paper/authen/authentication_guide.php #authen_pass

[2] นายทรรศ จอมขันธิพล. "ระบบจดจำใบหน้า" ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยรังสิต 2551.

[3] นางสาวโซฟีนา ยะขุ. "Identification and Localization from Moving Objects" ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลา 2551.

[4] วิกิพีเดีย. การเข้ารหัส. 8 มีนาคม 2552. Available from: URL: http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AB%E0%B8%B1%E0%B8%AA

[5] ศูนย์กลางการเรียนรู้แห่งชาติ. **Machine Learning.** 14 มกราคม 2552. Available from: URL: http://www.tkc.go.th/pageconfig/viewcontent/viewcontent1.asp?pageid=140&directory=2775&contents=2736

[6] **เครือข่ายคอมพิวเตอร์.** 13 มกราคม 2553. Available from: URL : http://www.kingsolder .com/computer/network/default.asp

[7] iHOSTINGTHAILAND. **ประวัติ ความเป็นมาของ TCP/IP.** 10 มีนาคม 2553. Available from: URL: http://www.tkc.go.th/pageconfig/viewcontent/viewcontent1.asp?pageid=140& directory=2775&contents=2736

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[8] Sathit Wanitchaikit. **การใช้งาน OpenCV Library เบื้องต้นเพื่อการประมวลผลภาพจากกล้อง (สำหรับ MS Windows).** 23 สิงหาคม 2552. Available from: URL: http://fibo.kmutt.ac.th/blog/humanoid/2009/09/23/opencv_tutorial_mswindow/.